

MEMOIRE

présenté

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE PARIS
—— Centre d'ORSAY ——

pour obtenir

LE DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES DE SCIENCES NATURELLES

par
Pierre FROSSARD

———
ETUDE DE LA SENSIBILITE
DES BANANES A L'ANTHRACNOSE DE BLESSURE DUE AU
COLLETOTRICHUM MUSAE (BERK et CURT) ARX.
———

Soutenu le 19 / 6 / 1970 devant la Commission d'Examen

MM. CHEVAUGEON . . . Président
BOUVIER
BRUN

DK578855

MEMOIRE

présenté

A LA FACULTE DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITE DE PARIS

Centre ORSAY

pour obtenir

LE DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES DE SCIENCES NATURELLES

par .

Pierre FROSSARD

ETUDE DE LA SENSIBILITE DES BANANES

A L'ANTHRACNOSE DE BLESSURE

Soutenu le 19/6/1970

devant la Commission d'Examen

MM. CHEVAUGEON	Président
BOUVIER	Examineur
BRUN	

AVANT - PROPOS

Ce mémoire présente le résultat de recherches entreprises en Côte d'Ivoire dans le cadre de l'Institut Français de Recherches Fruitières OutreMer (I.F.A.C.).

Nous remercions la Direction de cet Institut qui nous a permis de mener à bien ce travail.

Que Monsieur le Professeur CHEVAUGEON trouve ici l'expression de notre vive reconnaissance pour avoir bien voulu présider notre jury.

Monsieur BRUN Chef du Service de Phytopathologie à l'IFAC a constamment suivi notre travail, qu'il soit ici remercié pour ses commentaires, ses critiques et ses suggestions.

Nous remercions également le personnel de notre laboratoire MM. BLEY Pascal et SERIBA Cissé pour leur dévouement dans la partie technique de ce travail.

SOMMAIRE

AVANT PROPOS INTRODUCTION

I - MATERIEL ET TECHNIQUES	1
A - MATERIEL	1
1 - Lesbananes	1
2 - Le champignon pathogène	3
B - TECHNIQUES D'INOCULATIONS	4
1 - Facteurs internes	4
a - Evolution type d'une inoculation	4
b - Caractéristiques de la blessure	5
- profondeur	5
- forme	6
- dimension	6
- nombre de blessures	7
c - Caractéristiques de l'inoculum	14
- concentration	
- âge des cultures	15
- souches	16
2 - Facteurs externes	16
a - Humidité relative - aération	16
b - Température	16
C - METHODE GENERALE D'ESSAI	17
II - EXPERIMENTATION	18
A - SENSIBILITE DES BANANES AU VOISINAGE DU POINT DE COUPE	18
1 - Protocole	18
2 - Résultats	18
3 - Conclusion	21
B - SENSIBILITE DES BANANES DEPUIS LA SORTIE DE LA FLEUR	22
1 - Protocole	22
2 - Résultats	23
3 - Conclusion	26
C - SENSIBILITE DES BANANES AU COURS DE LA MATURATION - (Inoculations échelonnées)	26

./...

1 - Protocole	26
2 - Résultats	26
3 - Conclusion	28
D - SENSIBILITE DES BANANES AU COURS DE LA MATURATION - (Inoculations simultanées)	29
1 - Protocole	29
2 - Résultats	29
3 - Conclusion	30
E - INOCULATIONS EN FLEIN CHAMP	30
1 - Protocole	30
2 - Résultats	31
3 - Conclusion	32
III - DISCUSSION GENERALE - CONCLUSION	32
IV - BIBLIOGRAPHIE	34

0 0

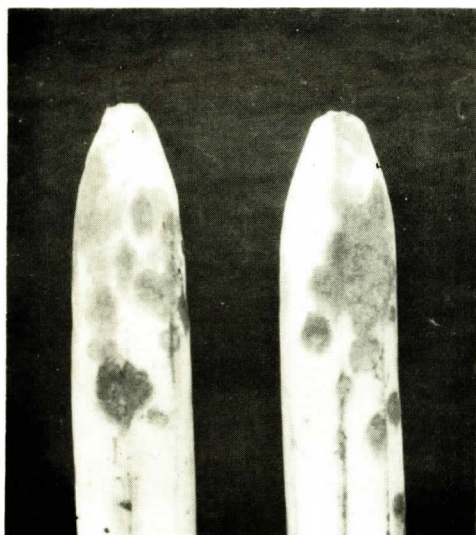
PLANCHE A

1 - Infections latentes apparaissant
à la fin de la maturation.

2 - Taches lenticulaires d'antrac-
nose développées à partir de
blessures des arêtes.

3 - Pourritures de pédicelles.
Remarquer la maturation avan-
cée et le dégrain des fruits
atteints.

1



2



3



ETUDE DE LA SENSIBILITE DES BANANES A L'ANTHRACNOSE DE BLESSURE

Si les bananes demeurent en général indemnes de toute pourriture pendant leur développement, il n'en est plus de même après la récolte. En effet, à partir de ce moment là, les diverses manipulations dues au transport jusqu'au hangar d'emballage, à la découpe en main, au transport maritime et enfin au mûrissage entraînent des pertes parfois importantes bien souvent dues à des pourritures fongiques. Parmi les nombreux organismes associés à ces pourritures, le Colletotrichum musae (Berk et Curt) Arx (= Gloeosporium musarum CKe et Mass) est certainement un des plus fréquents. Il se manifeste de façon diverses. Dans le cas des infections latentes (SIMMONDS J.H. 1941, 1963 ; CHAKRAVARTY 1957 ; MEREDITH 1964) il forme des appressoria superficiels sur la peau intacte des fruits verts sur pied et ne révèle sa présence qu'au moment de la maturation. On observe alors un noircissement rapide de la peau, normalement jaune, qui diminue beaucoup la présentation du fruit (planche A 1). Comme parasite de blessure le C. musae se montre beaucoup plus grave. Profitant de la moindre rupture de l'épiderme, il s'établit et envahit rapidement la peau égratignée ou les pédicelles blessés. SIMMONDS et MITCHELL (1940) les premiers, puis MEREDITH (1960) entre autres, ont nettement mis en évidence la distinction entre les infections latentes d'une part, et l'antracnose ou la pourriture des pédicelles d'autre part. Les pourritures des pédicelles et des coussinets sont graves car elles entraînent une maturation avancée et la désorganisation rapide des mains de bananes (planche A 2). L'antracnose se reconnaît aux taches lenticulaires noires qui se développent à partir des plus petites blessures de la peau, le plus souvent situées sur les arêtes, points particulièrement vulnérables des fruits (planche A 3). On admet en général (SIMMONDS J.H. 1941, WARDLAW 1961) que les attaques sont très rares sur pieds mais que par contre les bananes sont de plus en plus sensibles lorsqu'elles mûrissent. Etudiant cet aspect du parasitisme de blessure du C. musae nous avons essayé de préciser quels sont les facteurs favorables ou non au développement de ces nécroses et en particulier ceux liés aux caractéristiques des fruits. Après avoir mis au point les détails d'une méthode d'inoculation, nous l'avons appliquée à des fruits d'âge, de taille et de maturité variables. De plus un essai réalisé en plein champ a donné des résultats que nous allons exposer.

./...

I - MATERIEL ET TECHNIQUES

A - MATERIEL

1 - Les bananes

Nous avons toujours utilisé dans nos essais des fruits du cultivar Poyo Robusta qui représente la majorité des exportations de Côte d'Ivoire. Nous rappellerons tout d'abord le processus de développement du régime de bananes (CHAMPION 1963, SIMMONDS N.W. 1959).

Le bananier est une plante herbacée, géante et vivace. La vraie tige est souterraine, elle produit des ramifications latérales, les rejets, et de nombreuses racines. Le méristème terminal situé au niveau du sol émet une série de feuilles pourvues d'une partie basale cylindrique développée : la gaine foliaire. Ces gaines s'imbriquent les unes dans les autres et forment le pseudotrunc. Après avoir émis une trentaine de feuilles, le méristème entre dans une phase de reproduction et commence à différencier l'inflorescence, en même temps la tige vraie s'allonge à l'intérieur du pseudotrunc ; finalement, poussée par la tige, l'inflorescence apparaît comme un gros bouton rouge violacé au sommet du pseudotrunc, elle se dégage et se recourbe vers le bas. L'inflorescence du bananier est un épi complexe, composé de groupes de fleurs recouverts d'une spathe, disposés en hélice le long de l'axe floral. Les premiers formés sont des groupes de fleurs femelles dont l'ovaire infère se développera en banane. On appelle ces groupes, des mains et les fruits sont des doigts ; l'ensemble des fruits est un régime. Les spathes, (le plus souvent dénommées bractées) se détachent et tombent l'une après l'autre en découvrant les doigts, qui ont déjà une longueur importante (la 1/2 ou 2/3 de la taille définitive). Les jeunes bananes d'abord fortement serrées les unes contre les autres, ont une forme prismatique ; elles ont l'apex dirigé vers le bas, mais en quelques jours elles se redressent verticalement vers le haut. Les bananes d'une main sont disposées en deux rangées ; les doigts adaxiaux, les plus proches de l'axe dans l'inflorescence, deviennent "externes" dans le régime et réciproquement. Les mains sont découvertes dans l'ordre de leur différenciation. La "première main" est celle qui se trouve à la partie supérieure du régime ; c'est la première différenciée, donc la plus âgée et la première découverte. Un régime compte de cinq à quinze mains, en moyenne sept à dix. Le nombre de doigts par main est maximum pour la première ou la deuxième main (de 20 à 30) ; il va ensuite en décroissant mais la dernière main compte toujours au moins 10 à 12 doigts. Entre l'émission de l'inflorescence et le stade habituel de récolte il s'écoule de 90 à 120 jours pendant lesquels les fruits grossissent et s'allongent. On peut suivre

./...

l'évolution des fruits à l'aide des critères suivants.

P/L = Indice de plénitude (DEULLIN, 1960) qui est le quotient du poids du fruit (en g) par la longueur (en cm) de la face interne du doigt représentatif. Celui-ci est le doigt médian de la rangée interne de la deuxième main.

Ci = Calibre interne qui est la largeur (en mm) de ce fruit.

Ce = Calibre externe qui est la largeur (en mm) d'un fruit médian de la rangée externe de la deuxième main.

couleur de la peau
Un régime de banane ne doit pas être récolté à n'importe quel stade de son développement. Au "point de coupe" normal il doit être au "trois quart plein". Récolté trop tôt il serait "maigre", trop tard il serait "plein" ou même "trop plein".

Pour un régime au stade "trois quart plein", le P/L varie de 7 à 8 ; le Ci de 34 à 36 et le Ce de 33 à 35. ■ existe des corrélations très étroites entre ces trois critères. Un seul suffit à caractériser le stade du régime.

Après la coupe, la banane entre en maturation et change de couleur. On note la couleur de la peau de 1 à 15 selon l'échelle suivante.

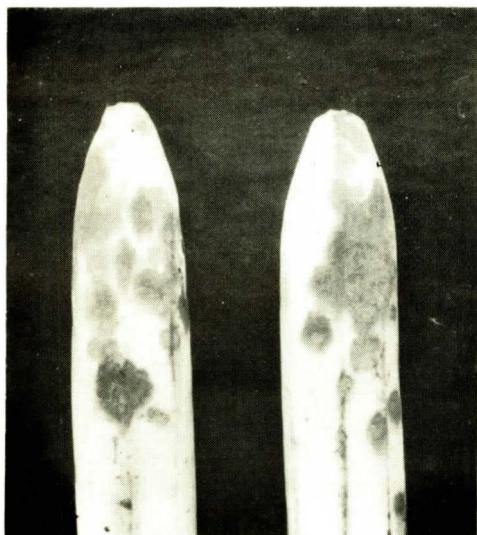
- référence couleur*
- | | |
|----|--------------------------|
| 1 | Vert très foncé |
| 2 | Vert foncé |
| 3 | Vert normal |
| 4 | Vert clair |
| 5 | Vert blanchissant |
| 6 | Vert blanc |
| 7 | Tournant |
| 8 | Plaques jaunes au milieu |
| 9 | Plus vert que jaune |
| 10 | Plus jaune que vert |
| 11 | Jaune bout vert |
| 12 | Jaune uni |
| 13 | Début tigrage |
| 14 | Tigrage avec son % |
| 15 | Tigrage généralisé |

Du point de vue anatomique, le péricarpe (peau) a une épaisseur de 2 à 3 mm : la couche épidermique est couverte d'une fine cuticule et possède des stomates. Le parenchyme sous-jacent est composé de cellules d'abord étroites et riches en chloroplastes, puis de plus en plus grandes : à la limite avec l'endocarpe (pulpe) ce parenchyme est lacuneux. De nombreux faisceaux libéro-ligneux longitudinaux

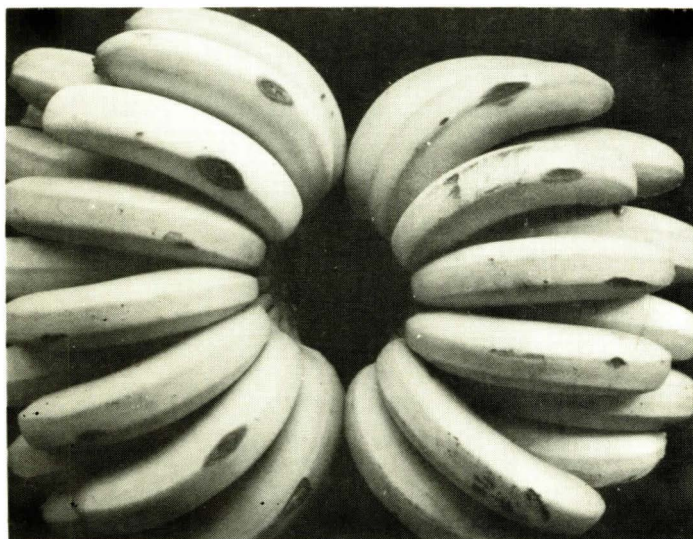
PLANCHE B : Evolution typique de deux nécroses :

J0, J3, J5 ... vues prises 0, 3, 5 ... jours après inoculation du C. musae.

1



2



3



accompagnés de fibres sillonnent le péricarpe ; parallèlement aux faisceaux on trouve enfin des files de cellules tannifères en tonnelet. Les cellules de la pulpe, grandes et rectangulaires, sont bourrées de grains d'amidon qui disparaissent progressivement au cours de la maturation.

Dans tous nos essais, à l'exception de ceux réalisés en bananeraie, nous avons opéré sur des bananes isolées les unes des autres et détachées de leur coussinet.

2 - Le champignon pathogène

L'organisme pathogène s'isole facilement à partir de bananes pourrissantes. Il se caractérise par la production abondante d'acervules orangés à saumon, aussi bien en culture pure que sur les fruits nécrosés. Ces acervules sont des masses de conidies hyalines monocellulaires. Ce micromycète est bien connu sous le nom de Gloeosporium musarum CKe et Mass (ASHBY 1931). Par suite de la révision par VON ARX (1957 a, b) des genres Colletotrichum et Gloeosporium, ce dernier est tombé en synonymie. Le nom correct du champignon responsable de l'anthracnose des bananes est Colletotrichum musae (Berk et Curt) Arx.

B - TECHNIQUES D'INOCULATIONS

De nombreux facteurs peuvent jouer un rôle dans l'évolution de l'anthracnose de blessure. On peut les ranger en deux catégories ; les facteurs internes et les facteurs externes.

1 - Facteurs internes

a - Evolution type d'une inoculation

Observons le résultat d'une inoculation par dépôt d'une goutte de suspension de spores sur une blessure pratiquée sur une banane verte (planche B). Pendant les deux premiers jours, on ne remarque aucun changement ; le troisième jour les lèvres de la blessure noircissent ; au quatrième jour une tache nécrotique s'est développée autour de la blessure ; les jours suivants cette tache noire s'agrandit, beaucoup plus vite dans le sens de la longueur du fruit, et prend une forme ovale. La nécrose n'intéresse que la peau qui se déprime légèrement. Vers le 7ème jour apparaissent les premiers acervules conidiens. Entre le 10è et le 15è jour la banane est devenue complètement tigrée et trop mûre. En mesurant quotidiennement la longueur de la nécrose, on peut avoir une meilleure idée du développement de celle-ci ; la largeur varie trop peu pour donner des résultats intéressants. L'expérience

./...

suivante permet de se rendre compte de l'allure de ce phénomène et de la variation à l'intérieur d'un régime :

Ayant récolté deux régimes on a inoculé 10 bananes de chacune des 6 premières mains de l'un (mains A-B-C-D-E-F) et des 4 premières mains de l'autre (mains G-H-I-J). Les longueurs des nécroses ont été prises les 3-4-5-6-7-8 et 10ème jours après inoculation. Le tableau I donne le résultat des mesures qui sont également représentées dans la figure 1.

Tableau I

Inoculation de deux régimes. Longueur moyenne (10 mesures) en mm des nécroses								
régime	n° main	3	4	5	6	7	8	10
1	A	9,6	11,6	16,4	20,8	25,1	30,3	41,4
	B	9,8	12,2	16,7	20,5	25,0	30,2	39,6
	C	9,7	11,8	16,5	20,4	24,9	29,2	38,8
	D	10,0	12,5	16,8	21,3	26,0	30,5	41,4
	E	11,2	14,3	18,5	23,1	27,2	31,8	41,5
	F	10,1	12,9	17,0	21,0	25,3	29,9	40,2
	Moy.	10,1	12,5	17,0	21,2	25,6	30,3	40,5
2	G	9,7	11,1	15,9	20,7	25,4	30,5	42,9
	H	10,1	13,1	17,3	21,3	26,0	31,7	44,0
	I	10,2	12,3	17,1	21,5	26,4	30,6	42,9
	J	10,3	13,0	18,5	23,3	27,9	32,0	43,3
	Moy.	10,1	12,4	17,2	21,7	26,4	31,2	43,3

Le diamètre de la blessure initiale est de 9,5 mm. On voit que l'accroissement n'est que de 0,6 mm pour les trois premiers jours, de 2,4 mm pour le quatrième jour puis de 4 à 5 mm pendant chacun des jours suivants. Les points représentatifs sont parfaitement alignés sur le graphique. On peut caractériser la croissance en longueur de la nécrose par deux critères.

Installation I = J4 - J0 qui indique la rapidité du démarrage.

Evolution E = pente de la droite représentative. La meilleure estimation de cette pente s'obtiendrait sans doute à partir d'un grand nombre de mesures quotidiennes, en calculant l'équation de cette droite par la méthode des moindres carrés. En pratique nous avons, en

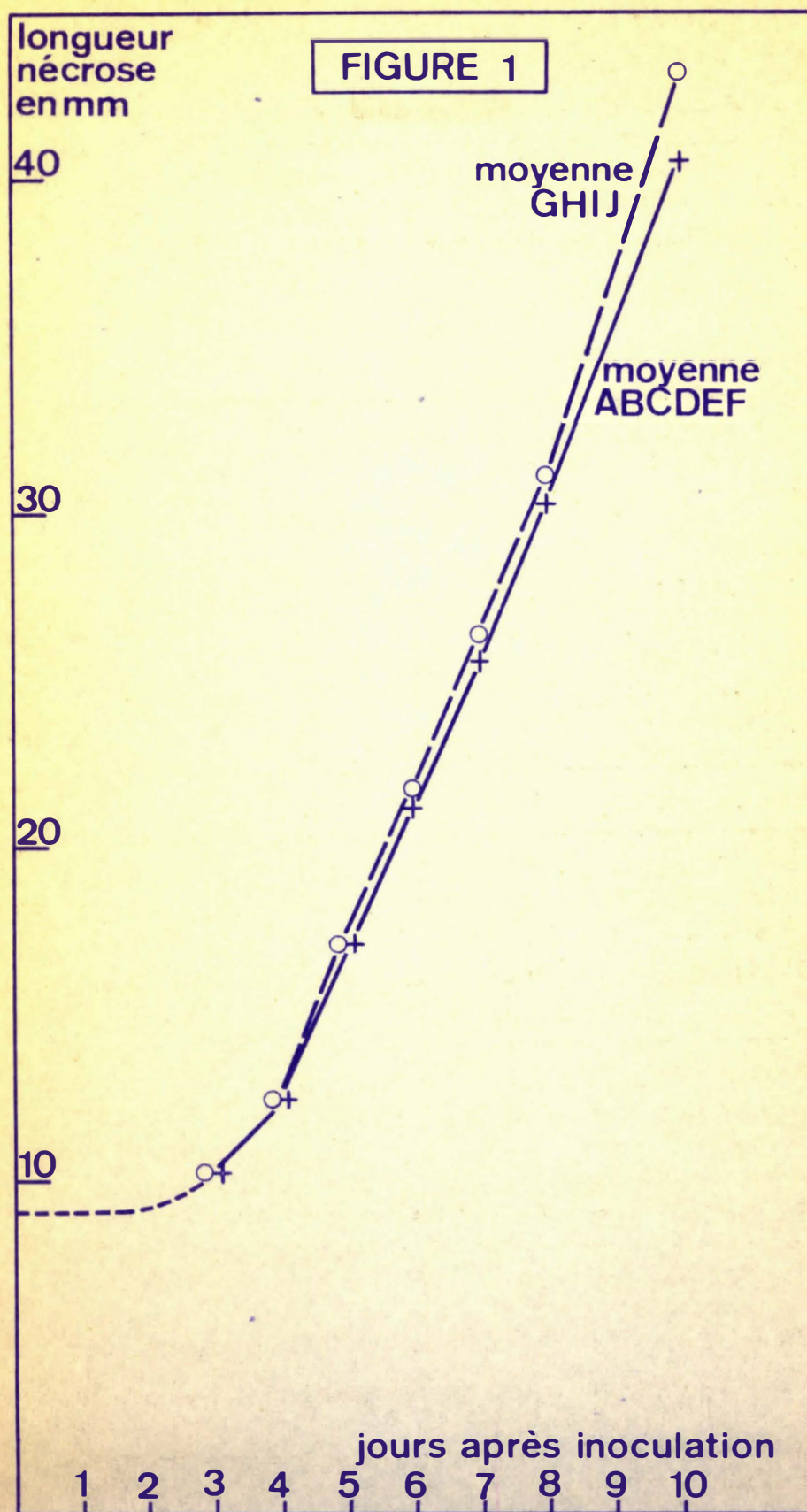


Figure 1 : Evolution type de la longueur moyenne des nécroses

général, mesuré les nécroses tous les deux jours et comparé, dans nos essais, des différences entre deux mesures : par exemple J8 - J6, 1/2 (J8 - J4) ou 1/3 (J10 - J4) ce qui correspond à l'accroissement moyen en longueur pour 2 jours. Nous verrons plus loin quel est le meilleur critère à utiliser dans la pratique.

D'après le tableau I il est très net qu'il existe une grande homogénéité dans un même régime. Il n'y a aucune différence de développement selon le rang des mains. Le tableau II permet de vérifier statistiquement cette assertion. La variance entre mains est beaucoup plus faible que la variance résiduelle. On peut même montrer que la différence entre les 2 régimes caractérisés par 1/3 (J10 - J4) est significative. Cette homogénéité est extrêmement intéressante car on peut disposer pour les essais d'une centaine de fruits comparables par régime.

Tableau II

Comparaison des évolutions du <u>C. musae</u> (1/3 (J10 - J4) sur 2 régimes					
Analyse des variances					
régime	Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F
1	Totale	1165	59		
	Entre mains	70	5	14,00	/ 1NS
	Résiduelle	1095	54	20,27	
2	Totale	539	39		
	Entre mains	12	3	4,00	/ 1NS
	Résiduelle	527	36	14,63	

Régime n° 1 : moyenne 1/3 (J10 - J4) = 27,79 Variance = 20,27 n = 60

Régime n° 2 : moyenne 1/3 (J10 - J4) = 30,98 Variance = 14,63 n = 40

$$\text{Variance de la différence des moyennes} = \frac{20,27}{60} + \frac{14,63}{40} = 0,704$$

Ecart type : 0,84

$$t = \frac{3,13}{0,84} = 3,80 \quad **$$

La différence est hautement significative : au seuil 0,01.

b - Caractéristiques de la blessure

- profondeur

Dans un essai, nous avons comparé l'installation et l'évolution

./...

des nécroses résultant d'inoculations réalisées selon les modalités suivantes :

1	blessure	\varnothing	3 mm	profondeur	1 mm
2	"	\varnothing	"	"	2 mm
3	"		1 mm	"	1 mm
4	"		"	"	2 mm

Les blessures sont faites avec des instruments inclus dans un bloc de paraffine et dont seule l'extrémité dépasse de 1 ou 2 mm. Les résultats sont présentés dans la figure 2. Il est visible que l'influence de la profondeur est faible ou nulle ; ceci est vérifié par l'analyse statistique.

- forme

Dans un autre essai, nous avons comparé les inoculations réalisées sur des blessures de formes différentes.

1 = blessure en anneau circulaire de \varnothing 9 mm - largeur de l'anneau 1 mm.

2 = blessure rectiligne perpendiculaire à la longueur de la banane - longueur 9 mm - largeur 1 mm.

Les résultats sont représentés graphiquement dans la figure 3. Les deux courbes sont parfaitement parallèles. Il faut signaler que la blessure n° 2 a eu pour résultat une nécrose ovale allongée dans le sens de la longueur du fruit en tout point semblable à celle de la blessure n° 1. Par conséquent la forme n'a pas eu d'influence. Cependant nous avons préféré faire des blessures circulaires dont la réalisation est plus homogène.

- dimension

Afin de voir si la dimension des blessures pouvait avoir une influence, nous avons effectué un essai en blessant les fruits avec des perce-bouchons de \varnothing croissants : 3 - 5 - 7 - 9 - 11 - 13 - 15 et 17 mm. Dans le graphique 4 on a porté en abscisses X le \varnothing en mm de la blessure circulaire initiale, et en ordonnées Y la longueur moyenne en mm des nécroses 4 - 6 - 8 et 10 jours après l'inoculation. On constate que les points correspondant à un jour donné sont à peu près alignés. On peut calculer facilement les équations de régression (portées sur le graphique) et vérifier que la liaison entre Y et X est effectivement linéaire. Autrement dit la longueur d'une nécrose en un jour donné est directement proportionnelle au diamètre de la blessure initiale. En ce qui concerne l'installation, on conçoit facilement que la longueur au J4 soit d'autant plus grande que le \varnothing au J0 était plus grand. Mais on devrait s'attendre à ce qu'un même champignon une fois installé dans des

ne se rapportent au \varnothing mais à la circonférence/...

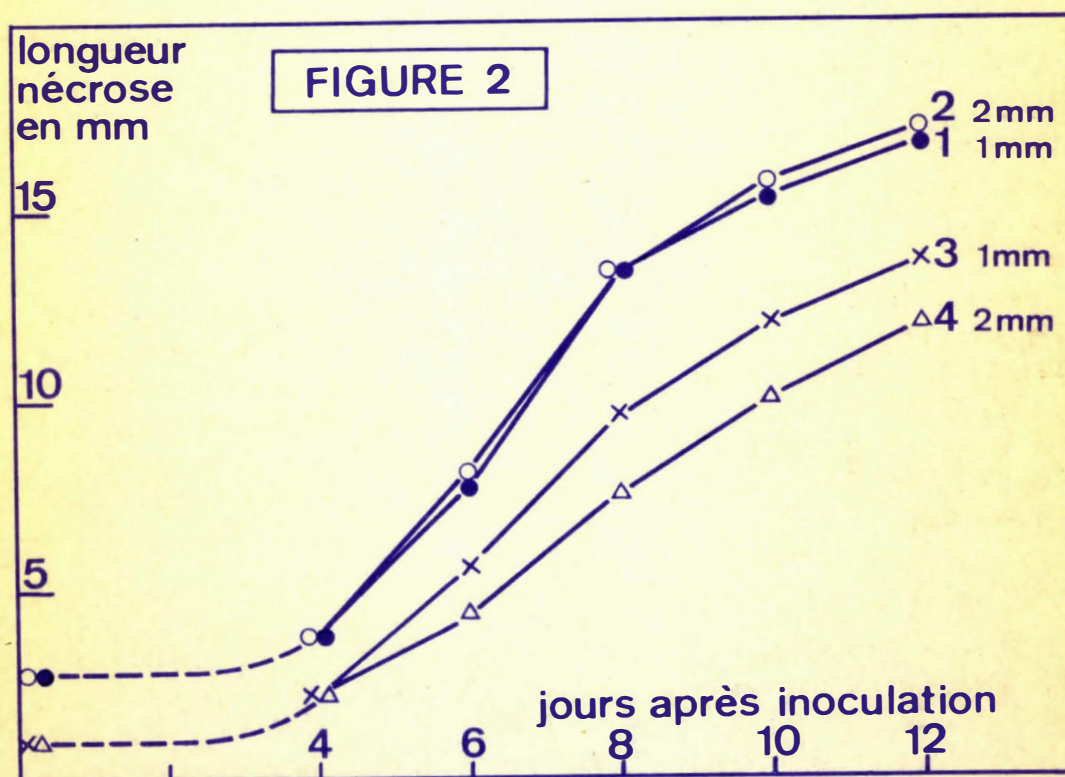


Figure 2 : Influence de la profondeur de la blessure

1 :	diamètre blessure	3 mm	profondeur	1 mm
2 :	"	"	3 mm	"
3 :	"	"	1 mm	"
4 :	"	"	1 mm	"

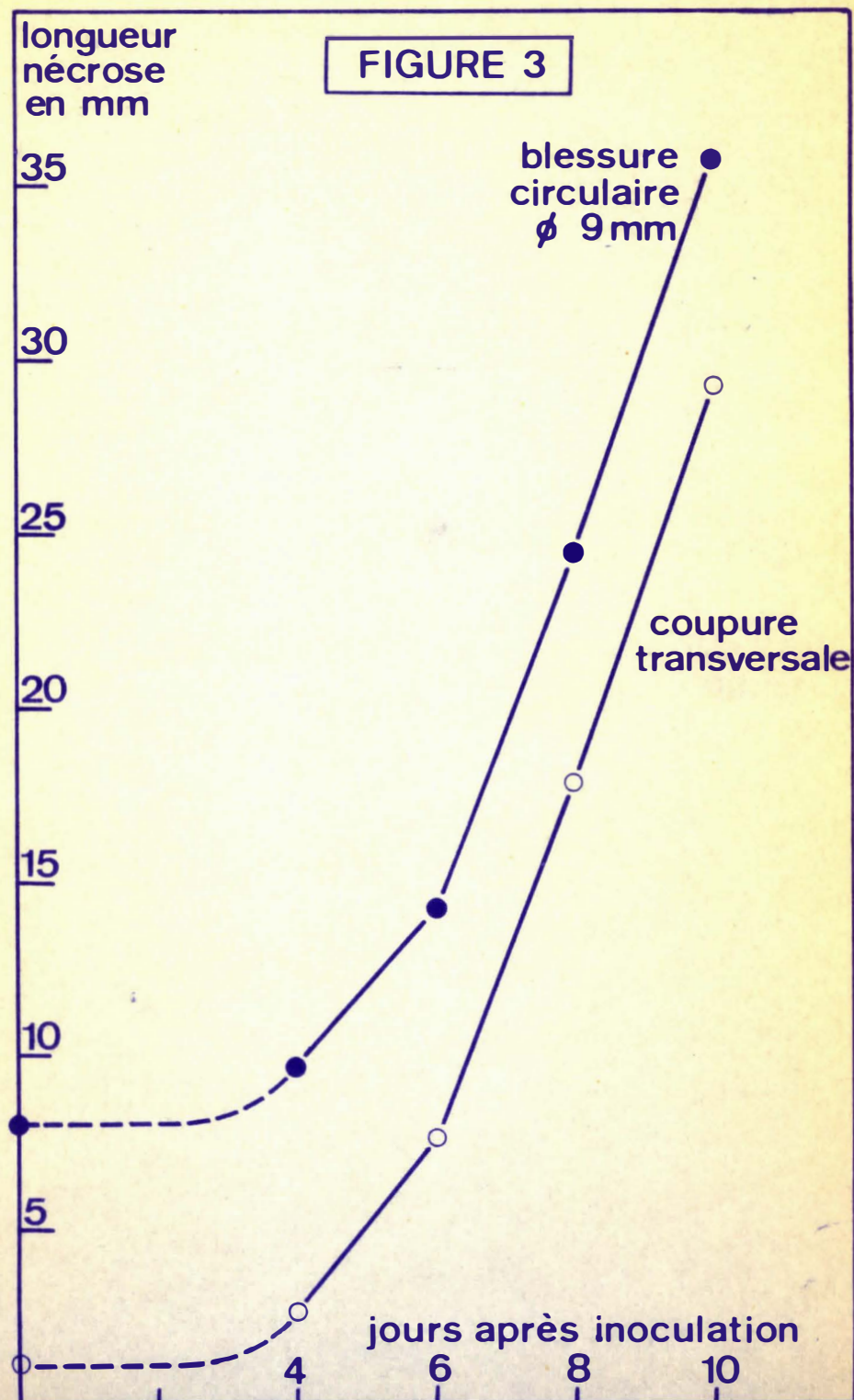


Figure 3 : Influence de la forme de la blessure

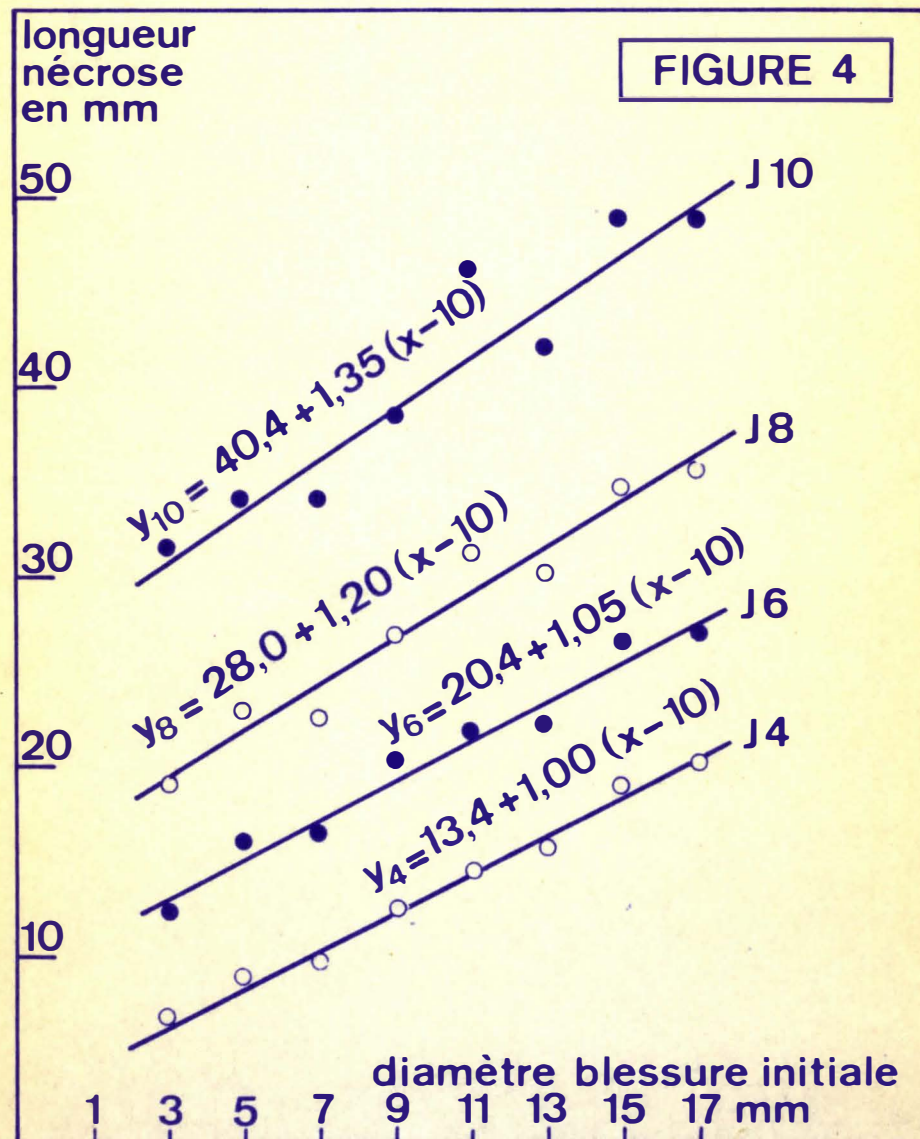


Figure 4 : Influence de la dimension de la blessure

J4, J6, J8, J10 = longueur de la nécrose 4, 6, 8, 10 jours après inoculation.

bananes comparables ait une vitesse de développement constante. C'est effectivement le cas, nous l'avons vu plus haut, pour une blessure donnée ; ce n'est plus vrai lorsqu'on fait varier les dimensions de la blessure. On doit donc admettre que la blessure et la nécrose qui en résulte ont une action variable sur la physiologie du fruit lui-même avec des conséquences plus ou moins favorables au développement du C. musae.

Il est donc indispensable dans tous les essais de préciser le diamètre de l'instrument de blessure utilisé, et il est préférable d'utiliser toujours le même. Nous avons généralement employé un emporte pièce en acier à bord tranchant de 9 mm de diamètre.

- nombre de blessures

Au cours de nos premiers essais, nous pratiquions deux blessures sur chaque banane. Il a semblé intéressant de voir si on observait le même genre de développement des taches en ne faisant qu'une seule blessure.

On a prélevé la deuxième main de neuf régimes (numérotés de 1 à 9). Sur quatre doigts de celle-ci on effectue une blessure de \varnothing 9 mm (traitement 1), sur quatre autres doigts on effectue deux blessures distantes de 7 à 8 cm ; après inoculation on a régulièrement mesuré les nécroses. Chaque régime est ainsi caractérisé par quatre mesures dans le premier cas et par huit mesures dans le second.

Les tableaux III - IV - V - VI indiquent le détail pour chaque fruit des valeurs observées de l'installation et de l'évolution. On peut analyser statistiquement les quatre tableaux séparément en considérant qu'il n'y a qu'une seule cause contrôlée de variation : les régimes. Un exemple des calculs est détaillé dans le tableau III. Il apparaît aussitôt que pour chaque critère il existe des différences significatives entre régimes et ceci quel que soit le nombre de blessures. L'examen des variances résiduelles montre qu'elles sont du même ordre. Il en est de même pour les C.V. (coefficient de variation) très élevés pour l'installation : 43 et 50 % beaucoup plus faibles pour l'évolution : 13 et 14 %. Enfin le calcul des ppds (plus petite différence significative) au seuil 5 % montre qu'elles sont légèrement plus petites lorsqu'on fait deux blessures. Cet avantage n'est pas suffisant pour justifier l'intérêt de doubler les blessures.

./...

Tableau III

Traitement 1 : 1 blessure Installation I = J4 - J 0

	n° des régimes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4,3	2,0	1,1	5,4	1,1	1,5	2,0	1,9	2,7
	5,1	2,0	2,9	1,2	1,4	2,8	1,7	2,2	3,9
	1,5	4,2	1,1	4,1	1,1	3,9	1,5	2,7	3,1
	3,1	4,2	0,8	4,9	0,5	3,0	2,8	2,3	2,0
Total	14,0	12,4	5,9	15,6	4,1	11,2	8,0	9,1	11,7
Moyenne	3,5	3,1	1,5	3,9	1,0	2,8	2,0	2,3	2,9

Total général = 92,0

Moyenne générale = 2,56

Terme correcteur = $\frac{(92,0)^2}{36} = 235,11$

S^2 régimes = $\frac{14,0^2}{4} + \frac{12,4^2}{4} + \dots + \frac{11,7^2}{4} = 263,47$

Somme des carrés de toutes les mesures = 295,58

Origine de la variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F
Totale = 295,58 - 235,11 =	60,47	35		
Entre régimes = 263,47 - 235,11 =	28,36	8	3,545	2,98 *
Erreur résiduelle (par différence)	32,11	27	1,189	

CV = $\frac{\text{écart type de l'erreur}}{\text{moy. générale}} = \frac{\sqrt{1,189}}{2,56} = 43 \%$ $s^2_d = 2 \times \frac{1,189}{4} = 0,5945$

sd = 0,771 t (27) = 2,052 ppds 5 = 0,771 x 2,052 = 1,58

Tableau IV

Traitement 1 : 1 blessure Evolution E = 1/2 (J3-J4)

n° des régimes									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
9,6	8,9	6,7	6,5	5,4	6,5	5,2	6,4	7,2	
11,0	7,5	7,2	6,7	6,9	7,5	6,5	5,9	5,7	
6,7	9,4	5,5	6,3	6,2	6,9	7,7	7,1	7,0	
9,4	8,1	7,4	7,1	4,3	7,0	7,0	6,5	6,4	
moyenne									
9,2	8,5	7,0	6,7	5,7	7,0	6,6	6,5	6,6	

Origine de la variation	Sommes des carrés	Degrés de liberté	Variance	F
Totale	59,58	35		
Entre régime	37,19	8	4,649	5,61
Erreur résiduelle	22,39	27	0,829	**

CV = 13 %

ppds 5 = 1,32

./...

Tableau V

Traitement 2 : 2 blessures Installation J4 - J0

	n° des Régimes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
apex 1	3,7	5,0	1,6	3,2	4,5	2,5	4,3	1,9	1,3
péd. 1	0,7	2,9	2,9	4,9	3,3	4,1	0,7	2,3	3,8
apex 2	3,9	7,0	4,0	4,4	1,6	5,3	4,1	5,0	1,1
péd. 2	1,9	5,1	3,7	4,8	4,0	4,3	3,0	5,4	1,7
a 3	1,2	3,0	1,0	3,5	2,6	2,5	2,1	0,6	0,6
p 3	1,9	1,5	0,3	3,6	2,9	2,8	2,0	2,9	1,9
a 4	1,9	4,0	4,3	4,0	1,8	3,6	2,7	7,5	1,5
p 4	1,2	4,1	1,2	4,0	3,8	1,9	4,0	2,6	1,3
moy.	2,1	4,1	2,4	4,1	3,1	3,4	2,9	3,5	1,7

Origine de la variation	Sommes des carrés	Degré de liberté	Variance	F
Totale	229,09	71		
Entre régimes	111,61	8	14,51	7,8 **
Erreur	117,47	63	1,865	

CV = 50 %

ppds 5 = 1,36

NOTA.

a 1 blessure proche de l'apex de la banane n° 1

p 1 " " du pédoncule " n° 1

a 2 " " de l'apex " n° 2 etc...

./...

Tableau VI

Traitement 2 : 2 blessures Evolution E = 1/2 (J8 - J4)

	n° des régimes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a 1	9,0	7,8	8,2	7,9	6,7	7,2	8,1	6,6	6,3
p 1	8,2	8,5	8,5	7,8	7,7	6,5	8,4	5,1	6,0
a 2	13,0	8,9	8,6	7,4	7,5	7,4	6,9	6,2	8,6
p 2	6,9	8,6	6,5	6,8	6,8	6,9	8,2	6,4	7,0
a 3	9,5	8,4	7,9	7,0	7,0	8,9	6,7	8,0	7,6
p 3	8,6	9,3	6,5	7,2	6,6	8,3	5,1	8,9	6,8
a 4	7,9	9,4	9,2	7,9	6,6	5,9	6,5	8,5	6,3
p 4	9,4	10,1	8,5	7,5	7,2	7,4	7,4	5,5	6,6
moy.	9,1	8,9	8,0	7,4	7,0	7,4	7,0	6,0	6,9

Origine de la variation	Sommes des carrés	Degrés de liberté	Variance	F
Totale	114,32	71		
Entre régimes	44,80	8	5,60	5,09 **
Erreur	69,58	63	1,10	

CV = 14 %

ppds 5 = 1,05

NOTA.

a 1 blessure proche de l'apex de la banane n° 1
 p 1 " " du pédoncule " "
 a 2 " " de l'apex " n° 2 etc ...

./.....

Comparons maintenant globalement les résultats. A chaque régime correspond deux valeurs de I et deux valeurs de E. Il faut donc utiliser la méthode des couples. Tableau VII. Il faut remarquer la concordance parfaite entre les Evolutions de chaque régime. Les régimes 1 et 2 sont nettement plus sensibles que les autres. La différence entre les 2 traitements est significativement différente de zéro pour l'Evolution, mais non pour l'Installation. Lorsque l'on fait deux blessures sur une banane, les nécroses évoluent plus vite que lorsqu'il n'y a qu'une blessure. On peut penser qu'il s'agit d'un phénomène semblable à celui observé lorsqu'on a fait varier la dimension des blessures : action directe des blessures et des nécroses sur la physiologie du fruit et indirecte sur le champignon.

On peut également profiter de cette expérience pour comparer le développement des blessures apicales et pédonculaires du traitement 2. Chaque fruit donne deux mesures = c'est donc encore la méthode des couples qu'il faut employer ; elle montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux lieux de blessure.

Dans la pratique il est préférable de ne faire qu'une seule blessure par fruit. Cet essai a été répété deux autres fois avec les mêmes résultats : pas de changement pour l'installation, évolution légèrement plus faible avec une blessure, précision du même ordre.

Tableau VII

Comparaison globale - Méthode des couples

Installation J4-J0

Traitement	n° des régimes									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1 blessure	3,5	3,1	1,5	3,9	1,0	2,8	2,0	2,3	2,9	23,0
2 blessures	2,1	4,1	2,4	4,1	3,1	3,4	2,9	3,5	1,7	27,3
2 - 1	-1,4	+1,0	+0,9	+0,2	+2,1	+0,6	-0,9	+1,2	-1,7	+4,3

$$\text{Moyenne de la différence} = \frac{+4,3}{9} = +0,478$$

$$\text{Variance de la différence} = \frac{1}{8} (1,4^2 + 1,0^2 + \dots + 1,7^2 - \frac{4,3^2}{9}) = 1,277$$

$$\text{Variance de la moyenne de la différence} = \frac{1}{9} (1,277) = 0,142$$

$$\text{écart type} = 0,377$$

$$t = \frac{0,478}{0,377} = 1,27 \text{ non significatif.}$$

Evolution 1/2 (J8-J4)

Traitement	n° des régimes									total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1 blessure	9,2	8,5	7,0	6,7	5,7	7,0	6,6	6,5	6,6	63,8
2 blessures	9,1	8,5	8,0	7,4	7,0	7,4	7,0	6,9	6,9	68,6
2 - 1	-0,1	+0,4	+1,0	+0,7	+1,3	+0,4	+0,4	+0,4	+0,3	+4,8

$$\text{Moyenne } d = +0,533 \quad s^2 d = 0,17$$

$$\text{Variance de la moyenne de } d = \frac{0,17}{9} = 0,0189$$

$$t = \frac{+0,533}{\sqrt{0,0189}} = 3,86 \quad \star \star \text{ significatif au seuil } 1 \%$$

./...

c - Caractéristiques de l'inoculum

- concentration

A partir d'un tube d'une culture de C. musae sur bouillon de pomme de terre glucosé et gélosé (P.D.A.) âgée de 8 jours, on obtient facilement 10 ml d'une suspension contenant 10 millions de conidies par ml. Nous avons, dans un essai, inoculé des bananes d'un régime avec les 8 dilutions successives suivantes de la même suspension :

S (suspension mère 10 millions de spores par ml),
S/2, S/4, S/8, S/16, S/32, S/64 et S/128. Nous avons mesuré le développement de douze nécroses pour chaque suspension. Le tableau VIII résume l'ensemble des observations. L'analyse statistique, effectuée en considérant qu'il n'y a qu'une cause de variation, la concentration, montre que des différences très significatives existent entre les Installations ainsi qu'entre les Evolutions. On note une diminution très nette de ces deux caractères en dessous de S/16 = 625 000 spores/ml. Au dessus les différences ne sont pas significatives. En pratique une suspension contenant un million de spores/ml semble tout à fait convenable.

- âge des cultures

Ayant utilisé dans un essai, une culture âgée de 2 mois nous avons constaté que le développement des nécroses était nettement plus faible qu'en général. Nous avons donc comparé dans un essai spécial, le développement résultant de l'inoculation de suspensions contenant chacune un million de spores par ml mais provenant de cultures âgées de 5 à 75 jours. Les fruits inoculés provenaient de quatre deuxième mains prélevées sur quatre régimes. Le tableau IX rend compte de l'ensemble des résultats. Dans l'analyse statistique deux causes contrôlées de variations sont intervenues : l'âge des cultures et la nature des régimes. Pour les deux caractères analysés (Installation et Evolution) on ne note pas de différence significative entre les inoculum âgés de 5 à 46 jours, mais une chute brutale pour la culture âgée de 75 jours qui semble avoir beaucoup perdu de sa virulence. Par la suite nous avons donc toujours employé des cultures âgées de 8 à 21 jours.

Tableau VIII

Influence de la concentration en spores

Concentration en milliers de spores par ml.

	10 000	5 000	2 500	1 250	625	312	156	63
Moyenne J4-J0	2,2	1,8	1,6	1,7	1,4	1,0	1,2	0,7
Moyenne 1/3 J10-J4	5,3	5,8	5,7	6,7	6,7	4,8	4,8	4,5

Installation : J4 - J0 CV = 50 % ppds 5 = 0,59
 Evolution 1/3 (J10-J4) CV = 27 % ppds (= 1,20

Tableau IX

Influence de l'âge des cultures

Age des cultures en jours

	5 j.	23 j.	28 j.	46 j.	75 j.
Moyenne J4-J0	5,3	3,8	2,7	4,2	0,9
Moyenne 1/3 (J10-J4)	11,4	10,8	9,9	9,9	5,4

Installation : J4 - J0 CV = 26 % ppds⁵ = 1,34
 Evolution 1/3 (J10-J4) CV = 14 % ppds 5 = 2,06

./...

- Souches

Enfin dans plusieurs essais nous avons comparé entre elles 35 souches monoconidiennes provenant des Antilles et de plusieurs régions de Côte d'Ivoire. Il n'a pas été possible de mettre en évidence des différences significatives et répétées entre ces souches. Un fait remarquable est que la souche 135 constamment utilisée dans nos essais a gardé sa virulence bien qu'elle soit conservée au laboratoire depuis trois ans.

2 - Facteurs externes

a - Humidité relative - aération

Si l'on met les bananes inoculées dans des dessiccateurs où des solutions saturées de sels minéraux donnent une humidité relative (H.R.) constante, on s'aperçoit que le C. musae s'installe aussi vite lorsque l'H.R. varie entre 60 % et 100 %. Mais par la suite, les bananes se dessèchent rapidement si l'H.R. est inférieure à 80 %. En atmosphère saturée et confinée on observe des infections secondaires avec développement de nombreuses nécroses à partir des moindres blessures. De plus, les fruits mûrissent de façon anormale : la peau reste de couleur vert terne et la pulpe se ramollit sans qu'il y ait transformation de l'amidon en sucre. C'est le fruit dit "bouilli vert". Pratiquement nous avons obtenu une maturation normale en disposant les fruits par groupes d'une vingtaine dans des sacs de polyéthylène perforés placés sur les paillasses d'un laboratoire climatisé dont la température varie entre 21° et 24°C. Les bananes se colorent très bien et prennent un arôme et une saveur tout à fait corrects.

b - Température

Ayant inoculé les fruits d'un seul régime (chaque main constituant un bloc) avec la même suspension, nous les avons répartis en trois lots semblables dans les conditions suivantes :

- | | |
|-----|----------------------------------|
| 1 : | conservés dans une étuve à 20 °C |
| 2 : | " " " " salle à 25 °C |
| 3 : | " " " " étuve à 30 °C |

Les bananes sont enveloppées dans des sacs de polyéthylène perforé. Cet essai a été répété deux fois. La figure 5 traduit le développement général au cours des essais. On peut voir aussitôt qu'il y a de grandes différences entre les installations. Le C. musae s'installe d'autant plus vite que la température est élevée. Par la suite les courbes sont presque parallèles et les évolutions sont très proches.

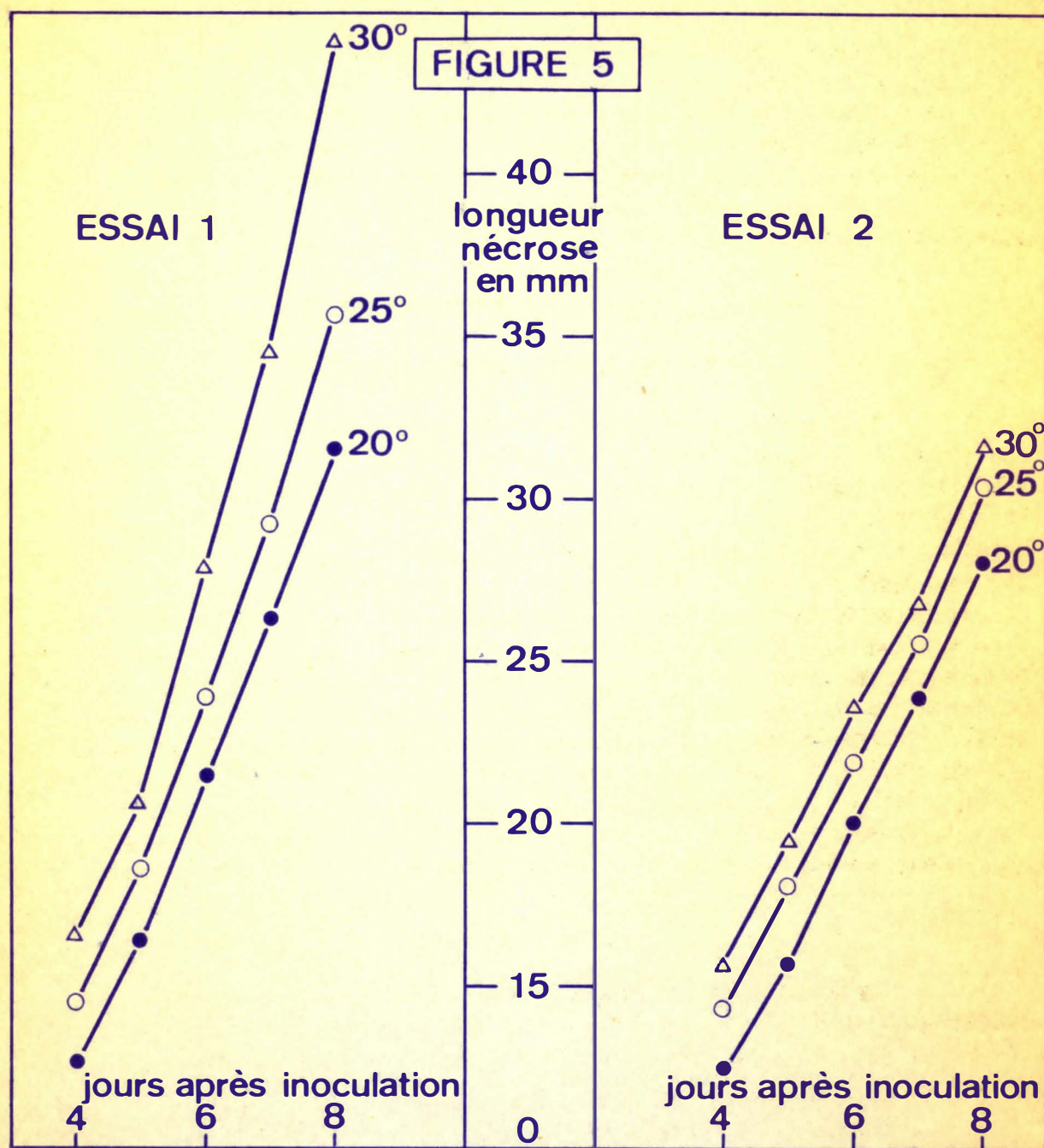


Figure 5 : Influence de la température

Nous avons fait l'analyse statistique du 2ème essai qui comportait un plus grand nombre de répétitions : 7 mains avec quatre fruits par température, soit en tout 28 fruits par température. Le tableau X permet de comparer les moyennes. Elles sont significativement différentes dans le seul cas des installations. Remarquons qu'à 30°C les bananes mûrissent très mal ; la peau reste verte pendant très longtemps et la pulpe reste farineuse. Ce résultat est assez inattendu. On s'explique mal pourquoi les nécroses ont la même vitesse d'évolution à 20°, à 25° et à 30°. Les moyens dont nous disposons n'ont pas permis de vérifier que la température réelle de la peau des fruits était bien celle des étuves. Au point de vue expérimental on peut considérer que, dans les conditions généralement réalisées dans nos essais, le fait que la température d'une pièce climatisée varie de 21°C à 24°C ne doit pas avoir d'influence sur le déroulement des essais.

Tableau X

Influence de la température - Essai n°2

	20°	25°	30°
Moy. Installation	3,4	5,3	6,7
Moy. Evolution	7,8	8,1	8,0

CV = 16 %

ppds 5 = 0,9

CV = 6 %

différences non significatives.

C - METHODE GENERALE D'ESSAI

Les résultats des essais précédents permettent de déterminer ainsi les conditions standardisées d'expériences. Après avoir séparé les doigts les uns des autres, on pratique une blessure d'environ 2 mm de profondeur avec un emporte-pièce de 9 mm de diamètre ; on applique au pinceau sur la blessure une suspension d'environ un million de spores par ml ; cet inoculum provient d'une culture de la souche 135 sur tube de bouillon de pomme de terre glucosé et gélosé âgée de une à trois semaines. On mesure ensuite la longueur de la nécrose 4 - 6 - 8 et 10 jours plus tard en notant la coloration des bananes. On peut ainsi comparer l'influence de divers facteurs tels que l'âge, la grosseur ou le degré de maturation des fruits sur l'Installation (I = J4 - J0) et l'Evolution ($E = (J8 - J6), 1/2 (J8 - J4), 1/3 (J10 - J4)$) du C. musae.

./...

II - EXPERIMENTATION

A - SENSIBILITE DES BANANES AU VOISINAGE DU POINT DE COUPE

Peut-on observer des variations de sensibilité des régimes pendant la période où ils grossissent ? On pense en général que plus un régime est "plein", plus il est sensible au C.musae. C'est ce que nous avons essayé de vérifier.

1 - Protocole

Ayant repéré 10 bananiers portant un régime relativement "maigre", on prélève sur chacun tous les quatre jours les doigts suivants numérotés ainsi :

- 0 : doigt représentatif du régime - rangée interne de la 2^e main
- 1 : rangée interne 3^e main
- 2 : " externe " "
- 3 : " interne 4^e "
- 4 : " externe " "
- 5 : " interne 5^e "
- 6 : " externe " "

A chaque prélèvement les mensurations habituelles du doigt représentatif : poids, longueur, diamètre et P/L correspondant, indiquent l'état du régime. De plus, on mesure les calibres des doigts externes de la deuxième main. Au total on a fait 5 prélèvements. Il s'est écoulé 16 jours entre le premier et le dernier.

Inoculation selon le mode habituel par blessure circulaire de \varnothing 10 mm. Deux répétitions : essai 1 du 14/10 au 30/10/65, essai 2 du 8/11 au 24/11/65. Mesures des longueurs des nécroses.

2 - Résultats

La figure 6 résume l'évolution des P/L et des calibres des régimes dans chaque essai. Dans l'essai 1 les fruits sont "maigres" au début et "trop pleins" à la fin de l'essai. Dans l'essai 2 ils sont "très maigres" au début et à peine "bons à couper" en fin d'essai.

L'Installation et l'Evolution des nécroses sont détaillées dans les tableaux XI et XII. Dans ces essais nous avons caractérisé l'Evolution par 1/2 (J8 - J4).

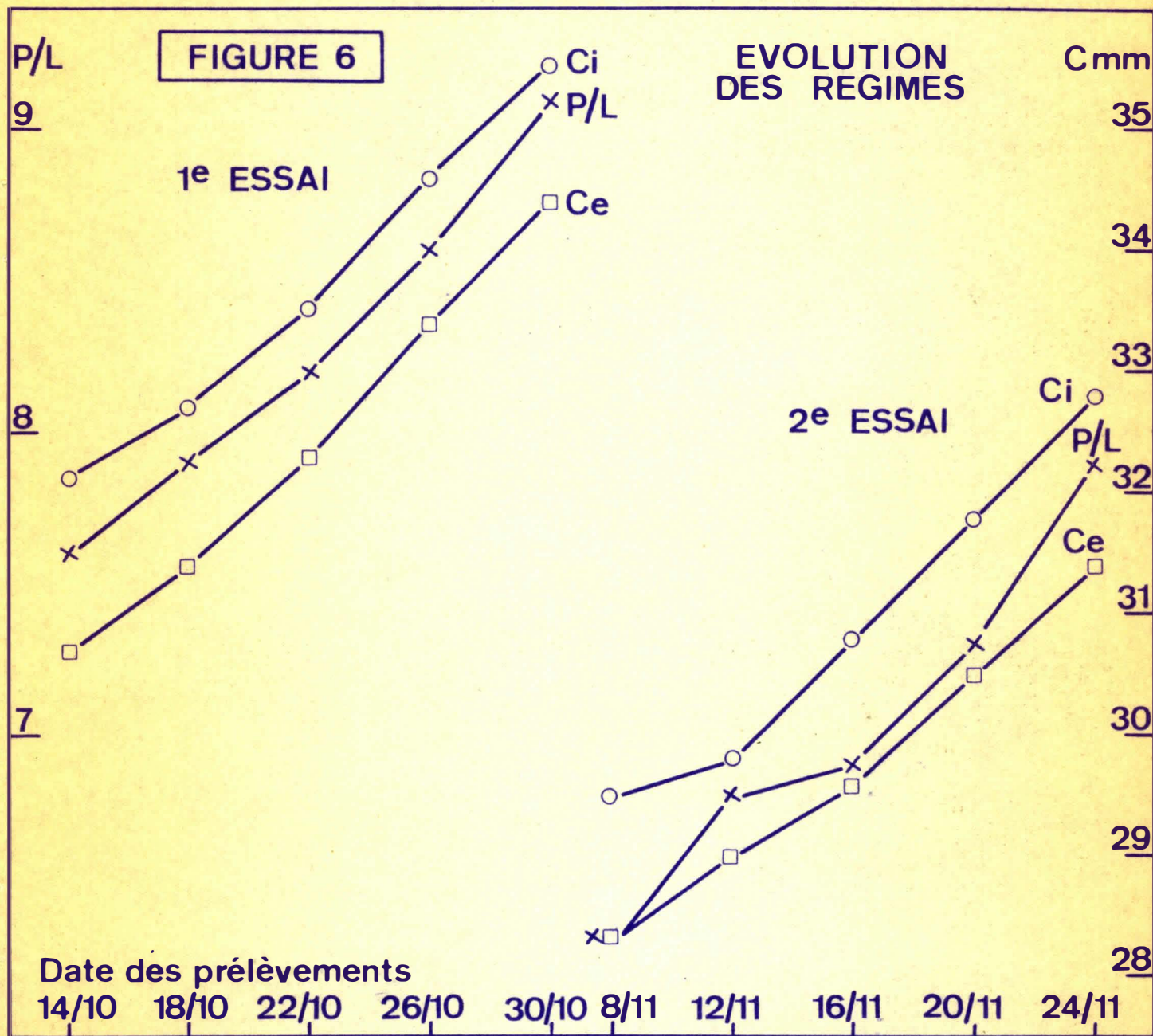


Figure 6 : Evolution des caractéristiques moyennes des régimes :

Ci = calibre interne, Ce = calibre externe, P/L indice de plénitude selon la date des prélèvements. Bananes proches du point de coupe.

Tableau XI

Installation des nécroses J4 - J0 en mm

Essai n° 1	n° des régimes										Moyenne
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Inoculation I 14/10	4,4	5,3	3,5	3,7	4,9	5,6	5,9	7,4	7,3	6,3	5,4
" II 18/10	3,8	5,2	2,9	3,3	4,4	5,1	5,0	4,8	4,1	4,4	6,3
" III 22/10	2,4	1,3	1,1	1,5	2,6	2,1	2,4	2,0	3,0	1,8	2,1
" IV 26/10	2,4	2,6	1,1	2,5	3,7	3,8	4,8	3,8	4,3	3,1	3,2
" V 30/10	6,2	6,7	4,5	4,6	6,2	6,1	6,1	7,1	7,4	6,0	5,7
Moyenne	3,8	4,4	2,6	3,1	4,2	4,6	4,8	5,0	5,2	4,3	4,2

Essai 2	n° des régimes										Moyenne
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Inoculation I 8/11	3,8	4,3	3,3	3,7	4,7	2,8	3,7	3,7	4,6	3,9	3,9
" II 12/11	2,1	4,1	3,9	4,0	3,2	2,2	4,2	3,0	4,5	3,5	3,5
" III 16/11	3,2	3,4	4,0	6,4	3,8	2,1	3,4	3,8	5,8	2,7	3,9
" IV 20/11	2,0	2,1	1,8	1,6	2,3	0,6	2,2	3,0	2,6	0,9	1,9
" V 24/11	2,8	3,4	3,3	4,1	4,1	3,1	3,8	3,0	3,4	2,3	3,3
Moyenne	2,8	3,5	3,3	4,0	3,6	2,2	3,5	3,3	4,2	2,7	3,3

Tableau XII

Evolution des nécroses E = 1/2 (J8 - J4)

Essai 1

Date du prélèvement	n° des régimes										Moyenne
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
I - 14/10	9,9	9,4	8,4	7,9	8,9	8,0	8,5	7,5	7,8	8,6	8,5
II - 18/10	10,5	9,8	7,5	7,9	6,5	6,0	9,0	9,6	8,8	8,8	8,4
III - 22/10	9,1	9,1	6,3	7,5	8,8	9,1	8,2	9,5	9,9	9,1	8,7
IV - 26/10	8,1	9,0	6,1	7,5	8,5	7,5	8,3	7,5	7,3	6,9	7,7
V - 30/10	10,2	8,5	7,2	8,6	8,6	6,2	9,2	10,5	8,9	9,4	8,7
Moyenne	9,6	9,2	7,1	7,9	8,3	7,4	8,6	8,9	8,6	8,6	8,4

Essai 2

Date du prélèvement	n° des régimes										Moyenne
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
I - 8/11	8,1	8,9	8,7	7,6	8,0	8,2	8,0	8,1	8,6	7,4	8,2
II - 12/11	8,6	9,2	8,1	10,2	8,8	7,5	7,6	8,2	8,8	6,9	8,4
III - 16/11	5,2	6,3	7,3	8,5	6,3	4,7	6,1	5,9	7,3	5,1	6,3
IV - 20/11	8,4	8,6	9,4	9,3	8,4	6,9	8,5	8,1	8,7	6,9	8,3
V - 24/11	9,5	9,1	8,8	9,1	7,4	7,4	8,1	8,8	9,3	7,9	8,5
Moyenne	8,0	8,4	8,5	8,9	7,8	6,9	7,7	7,8	8,5	6,8	7,9

Analyse des variances

Origine de la variation	Somme des carrés	Essai 1 Degrés de liberté	Variance	F
Totale	62,45	49		
Régimes	26,79	9	2,97	3,75 **
Prélèvements	7,19	4	1,80	2,28 NS
Résiduelle	28,47	36	0,79	

Origine de la variation	Somme des carrés	Essai 2 Degrés de liberté	Variance	F
Totale	69,68	49		
Régimes	20,95	9	2,33	6,3 **
Prélèvements	35,45	4	8,86	24,0 **
Résiduelle	13,28	36	0,37	

On effectue l'analyse statistique de ces essais par la méthode des blocs en considérant qu'il y a deux causes de variation : les régimes (blocs) et les dates d'inoculation (traitements).

Pour l'Installation les résultats de cette analyse sont contradictoires. Dans l'essai 1, chaque date est différente des autres sans qu'il y ait de relation avec la grosseur des bananes ; dans l'essai 2, seule la date IV est différente des autres. Pour l'Evolution, dans l'essai 1, aucune différence significative ne peut être mise en évidence entre les cinq dates ; dans l'essai 2 la date III est inférieure aux quatre autres qui ne diffèrent pas significativement les uns des autres ; mais cette série III n'est pas comparable aux autres car on a utilisé, par erreur, un instrument à bords plus tranchants pour faire les blessures.

Entre les régimes on note des différences hautement significatives ; certains sont nettement moins sensibles que d'autres. Nous n'avons pas pu mettre en évidence de relation entre la sensibilité et un critère quelconque (P/L, Ci, Ce) de ces fruits.

3 - Conclusion

L'hypothèse de travail ne semble pas confirmée dans les conditions de ces essais. Il est impossible d'affirmer que l'Installation

./...

ou l'Evolution des nécroses deviennent de plus en plus grandes lorsque les régimes se remplissent , au voisinage du point de coupe. L'erreur de la série III essai 2, montre la nécessité de travailler dans des conditions identiques. La précision de ces essais a cependant permis de mettre en évidence dans un lot de 10 régimes, des différences nettes de sensibilité propre aux fruits.

B - SENSIBILITE DES BANANES DEPUIS LA SORTIE DE LA FLEUR

Etant donné les résultats peu concluants du chapitre A, nous avons tenté d'étudier la sensibilité des bananes à partir de l'émission de l'inflorescence.

1 - Protocole

Nous avons réalisé deux séries d'essais :

a - Essais n° 1 (mis en place le 13/11/65), n° 2 (du 4/12/65), n° 3 (du 11/12/65). Prélèvement et inoculation par deux blessures de \emptyset 9 mm, d'un doigt représentatif par régime. Ces régimes, de tout âge, sont caractérisés par les mesures habituelles : P/L du doigt représentatif, calibre interne (Ci) et externe (Ce) en mm des doigts médians de la deuxième main.

b - Essais n° 4 (du 29/3/66), n° 5 (du 15/4/66), n° 6 (du 20/5/66). Ces essais réalisés sur une plantation commerciale (station I. F. A. C. d'Azaguié), ne devant pas diminuer la présentation des régimes, les prélèvements sont faits dans la dernière main. Deux doigts par main sont inoculés par une blessure unique de \emptyset 9 mm.

Dans tous les cas, mesures des nécroses et notations de la couleur des fruits. Dans chaque essai, deux mesures permettent donc d'évaluer la sensibilité de chaque régime.

Afin de pouvoir comparer les essais entre eux, nous avons groupé les régimes en un certain nombre de classes définies par le calibre externe - tableau XIII.

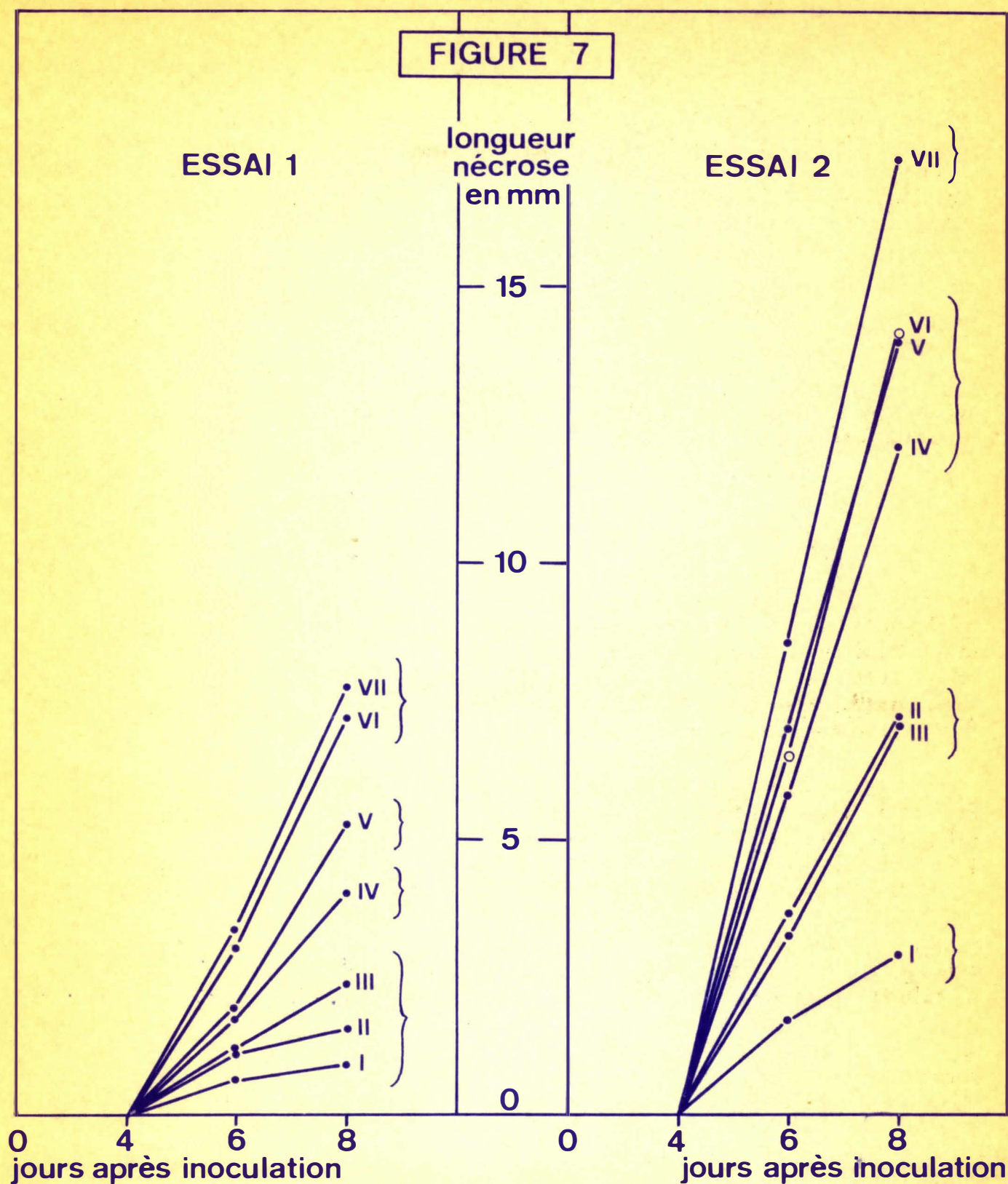


Figure 7 : Evolution des nécroses selon le calibre des bananes
(Cf tableau XIII pour la définition des classes) Essai 1 et 2.

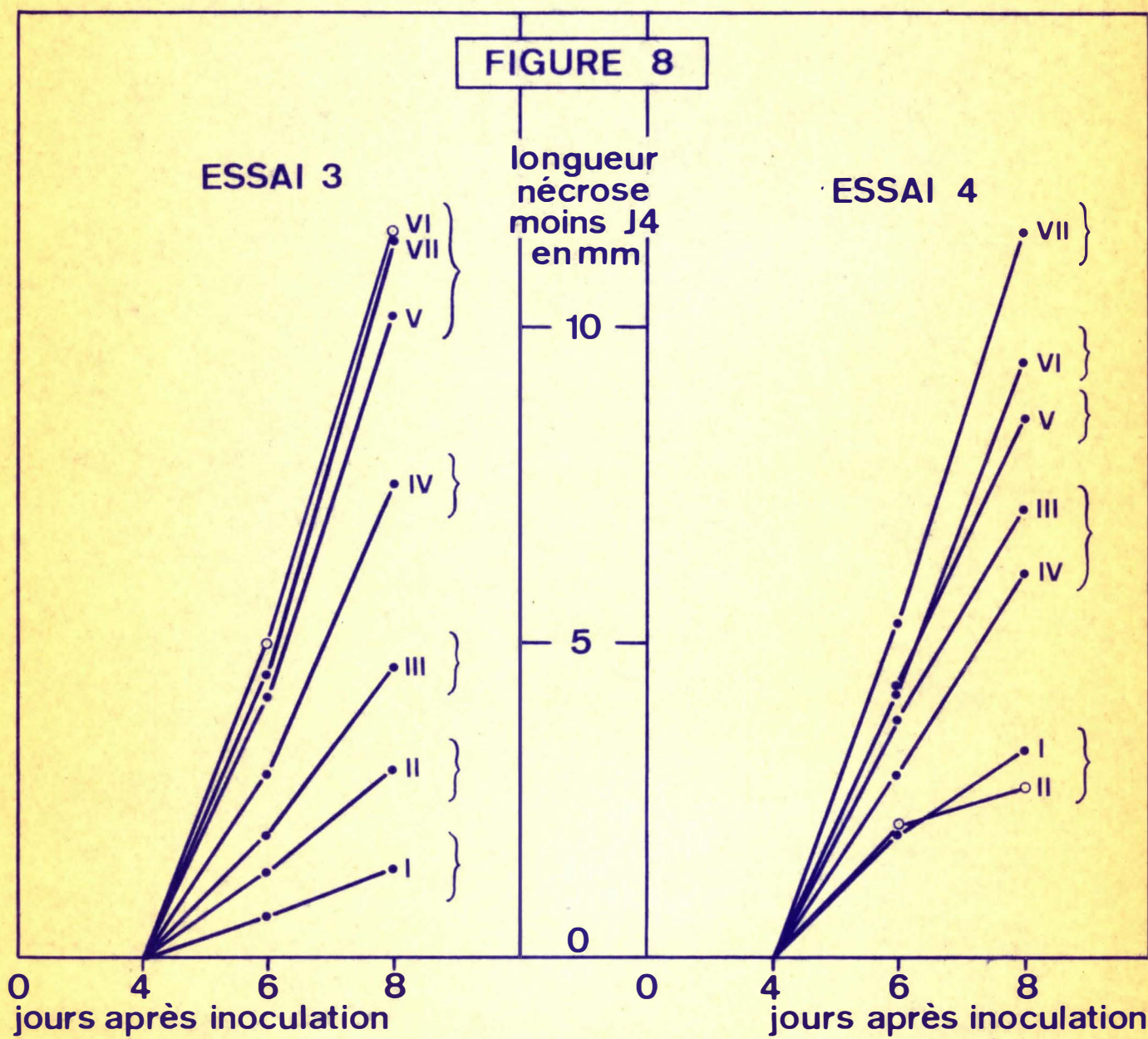


Figure 8 : Idem figure 7

Essais 3 et 4

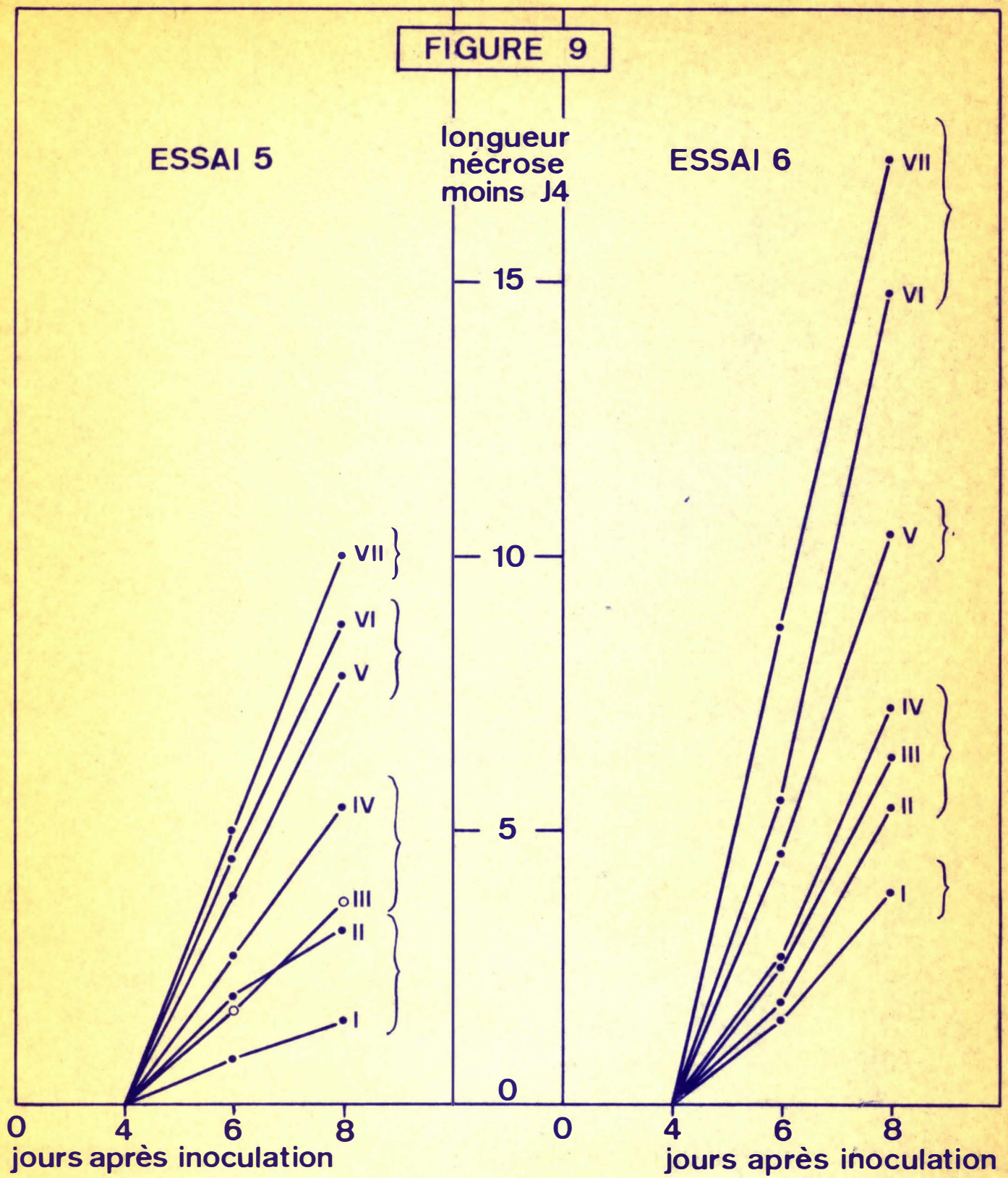


Figure 9 : Idem figure 7

Essais 5 et 6

Tableau XIII

Nombre de régimes par classe et par essai

Calibre externe compris entre	Classes	n° des essais					
		1	2	3	4	5	6
17,5 et 19,9 mm	I	10	10	12	12	12	12
20,0 et 22,4	II	2	7	5	12	12	12
22,5 et 24,9	III	14	5	10	12	12	12
25,0 et 27,4	IV	13	12	6	12	12	12
27,5 et 29,9	V	9	16	12	12	12	12
30,0 et 32,4	VI	16	17	12	12	12	12
32,5 et 34,9	VII	16	15	16	12	12	12

Remarque : Dans les essais 1 - 2 - 3 le prélèvement des doigts a été fait sur tous les régimes d'une parcelle. Les effectifs de chaque classe sont différents. Dans les essais 4 - 5 - 6 nous avons fixé l'effectif de chaque classe. La classe I correspond à des régimes très jeunes, émis depuis 8 à 10 jours ; la classe VII à des régimes proches du point de coupe.

2 - Résultats

Les résultats d'ensemble concernant la phase d'installation sont donnés dans le tableau XIV. On remarque aussitôt qu'elle est d'autant plus grande que les bananes inoculées sont "pleines". L'analyse statistique permet de séparer les classes en deux groupes distincts :

classes I II III IV / classes V VI VII

De même les essais se séparent ainsi : 3-4-5-6 / 1 / 2

Les accroissements en longueur des nécroses à partir du J4 sont représentés par les trois figures 7, 8 et 9. Pour chaque essai on peut comparer les moyennes et séparer les classes en groupes distincts, qui sont indiqués sur les graphiques par des accolades. On vérifie que le développement du C. musae est de plus en plus grand quand les bananes sont plus grosses. Mais la comparaison de l'ensemble des essais est plus intéressante encore (tableau XV).

rapide
réflexe

./...

Tableau XIV
Installation des nécroses J4-J0 en mm

Essai	classes							Moyenne
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
1	1,3	1,8	2,1	1,7	2,1	2,0	2,1	1,9
2	1,3	1,2	1,6	2,2	3,0	3,1	4,1	2,4
3	0,4	0,4	0,8	0,8	1,9	1,9	2,4	1,2
4	1,2	1,0	1,5	1,0	1,6	1,6	1,6	1,4
5	0,5	0,6	0,9	1,1	1,7	2,3	1,6	1,2
6	0,8	0,7	1,0	0,9	1,3	1,1	2,6	1,2
Moyenne	0,9	1,0	1,3	1,3	1,9	2,0	2,4	1,5

Tableau XV
Evolution des nécroses (J8-J6) selon la grosseur
des bananes

Ensemble des 6 essais

Essai	Classes							Moy.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
1	0,3	0,5	1,2	2,2	3,3	4,2	4,4	2,3
2	1,2	4,3	3,8	6,3	6,9	7,6	8,7	5,5
3	0,7	1,6	2,8	4,6	6,6	6,7	6,9	4,3
4	2,3	1,6	3,3	3,2	4,3	5,3	6,3	3,8
5	0,7	1,2	2,1	2,7	4,2	4,3	5,3	6,3
6	2,3	3,5	3,8	4,4	5,7	8,3	8,5	5,2
Moyenne	1,3	2,1	2,8	3,9	5,2	6,1	6,7	4,0

Analyse des variances

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F
Totale	223,01	41		
Entre essais	56,18	5	11,24	22 **
Entre classes	151,88	6	25,31	50 **
Résiduelle	14,95	30	0,50	

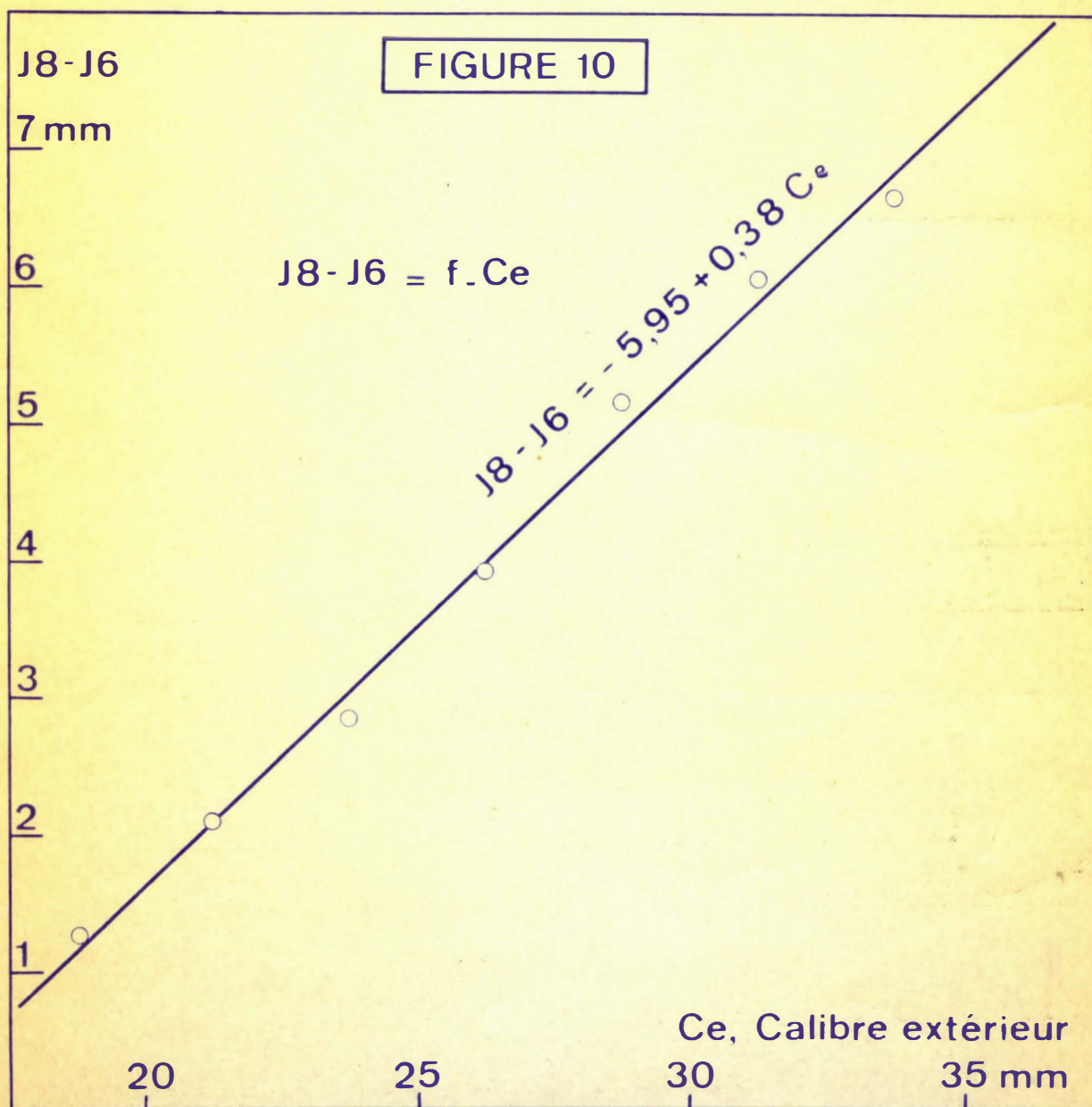
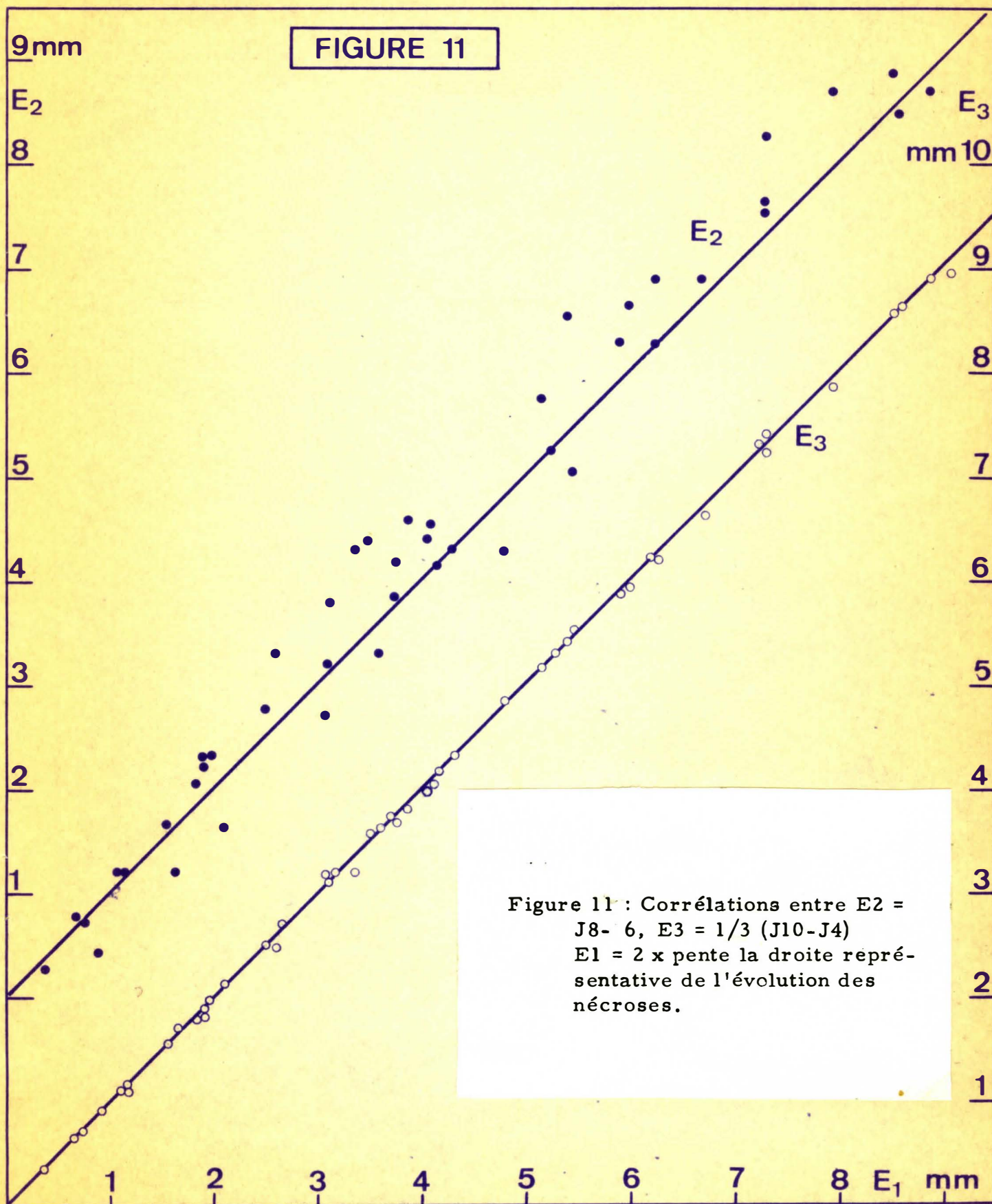


Figure 10 : Corrélation entre le taux d'accroissement des nécroses
= J8 - J6 et le calibre externe des bananes $x = Ce$



Il existe des différences hautement significatives entre les essais et entre les classes. Globalement le classement des essais est :

1-5 \angle 3-4 \angle 2-6. Celui des classes est :

I \angle II \angle III \angle IV \angle V \angle VI-VII.

L'augmentation de la sensibilité est linéaire lorsqu'on passe d'une classe à l'autre : figure 10. Par la méthode des polynômes orthogonaux on peut calculer l'équation de cette droite qui est :

$$J8 - J6 = - 5,95 + 0,38 Ce$$

Cependant les différences sont tellement importantes entre les essais successifs que l'on n'a pas le droit d'affirmer par exemple que lorsque le Calibre externe augmente de 5 mm on observe un accroissement correspondant de 1,9 mm pour J8-J6.

Sur l'ensemble de ces essais on note de très grandes variations de l'Evolution du C. musae. Profitant de ce très large échantillonnage nous avons calculé et comparé pour chaque classe de régimes, les trois estimations suivantes de E = accroissement en deux jours.

1°) E1 = 2X pente calculée de la droite d'après J4-J6-J8-J10

2°) E2 = J8 - J6

3°) E3 = 1/3 (J10 - J4)

Exemple de calcul = Classe VII de l'essai 3

J	Y	Z	Y Z	Z ²
J4	11,4	- 3	- 34,2	9
J6	15,9	- 1	- 15,9	1
J8	22,8	+ 1	+ 22,8	1
J10	30,0	+ 3	+ 90,0	9
			+ 62,7	20

Coefficient angulaire $b = + \frac{62,7}{20}$ E 1 = 2b = 6,3

E2 = 22,8 - 15,9 = 6,9 E3 = 1/3 (30,0 - 11,4) = 6,2

Les couples de points E1 - E2, E1 - E3 sont représentés sur le graphique 11. On voit immédiatement que E1 et E3 sont absolument liés et de valeur égale. On peut donc prendre l'un pour l'autre. Il existe une corrélation positive nette entre E2 et E1 mais la dispersion de E2 est plus grande. En pratique on pourra donc se contenter de deux mesures à J4 et J10 pour mesurer l'Evolution du C. musae. De façon très générale 10 jours après l'inoculation, les bananes sont aux stades de coloration 12 à 15. Si par hasard elles évoluaient plus vite on ferait la dernière mesure plus tôt.

./...

Conclusion

Cette série d'essais malgré ses imperfections a donc permis de vérifier l'hypothèse de départ : les bananes détachées sont d'autant plus sensibles à l'anthracnose de blessure qu'elles sont plus grosses et plus âgées. Nous pouvons même préciser qu'il n'y a pas un seuil en dessous duquel les fruits seraient résistants et au dessus duquel ils seraient subitement sensibles. Au contraire cette sensibilité augmente graduellement et linéairement. Les résultats du chapitre précédent d'expliquent fort bien. Les essais se situaient à un moment trop court dans la vie des fruits (augmentation du Ce de 3 mm) pour qu'on puisse noter des différences significatives de sensibilité.

A quoi rattacher l'augmentation régulière de sensibilité au cours de la vie de la banane. Nous pouvons proposer au moins trois hypothèses :

- disparition progressive d'une substance inhibitrice ;
- apparition progressive d'une substance favorable ;
- effet mécanique lié à l'allongement du fruit ; cet allongement proviendrait par exemple d'une modification de la taille des cellules du péricarpe qui entraînerait une variation de la résistance mécanique à la pénétration du champignon.

C - SENSIBILITE DES BANANES AU COURS DE LA MATURATION - (Inoculations échelonnées)

1 - Protocole

Le jour de la coupe on choisit six deuxièmes mains qui constitueront autant de blocs. On inocule le quart des doigts le jour même, puis les autres quarts tous les deux jours. La dernière série inoculée six jours après la coupe a commencé à murir avant d'être inoculée. On utilise des cultures du même lot pour les différentes inoculations. On a répété quatre fois ce genre d'essai appelé : Essai maturité.

2 - Résultats

Le tableau XVI montre la comparaison des Installations pour l'ensemble des quatre essais.

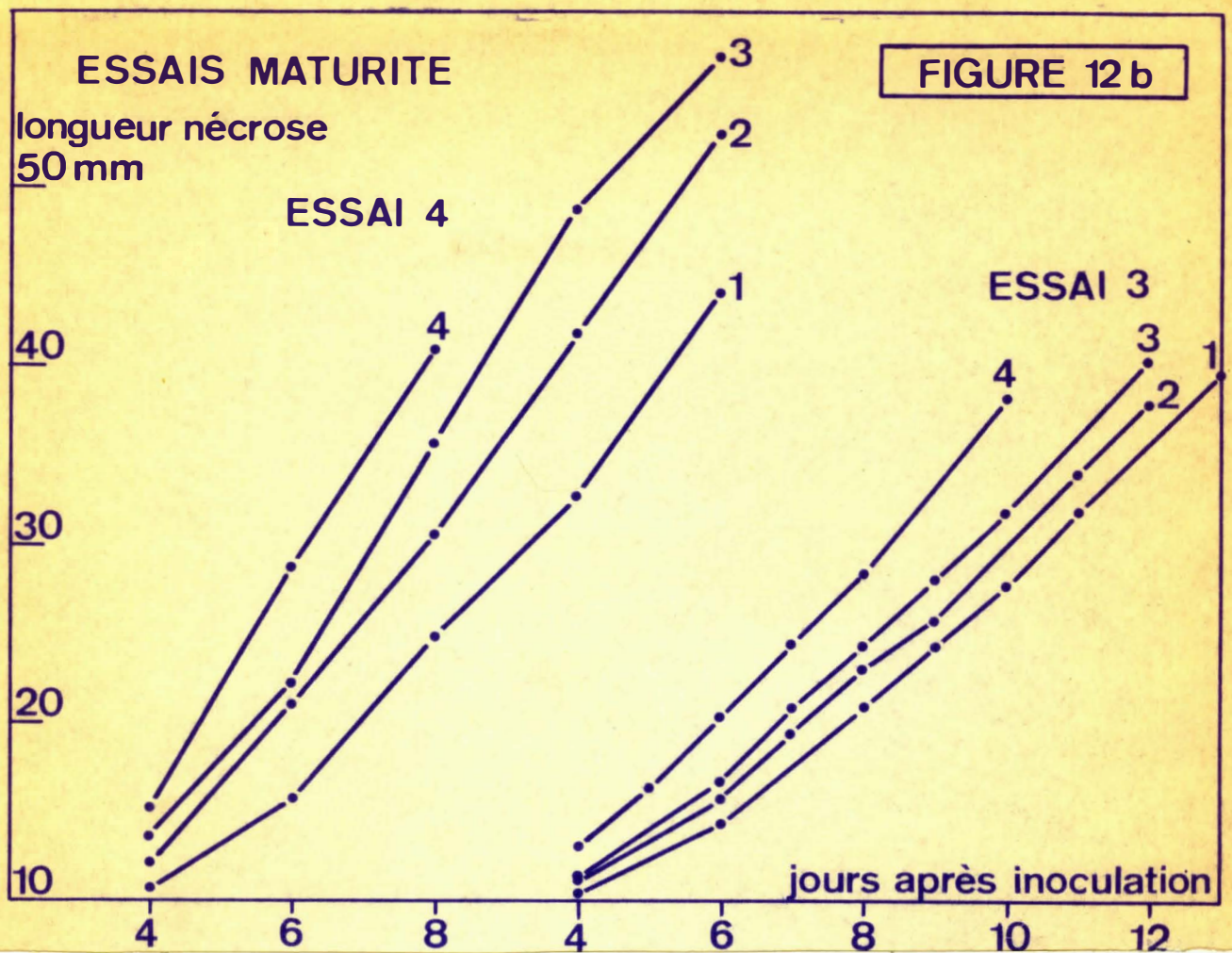


Figure 12 : Influence de la maturité = 1-2-3-4 = inoculations 0-2-4-6 j. après la coupe

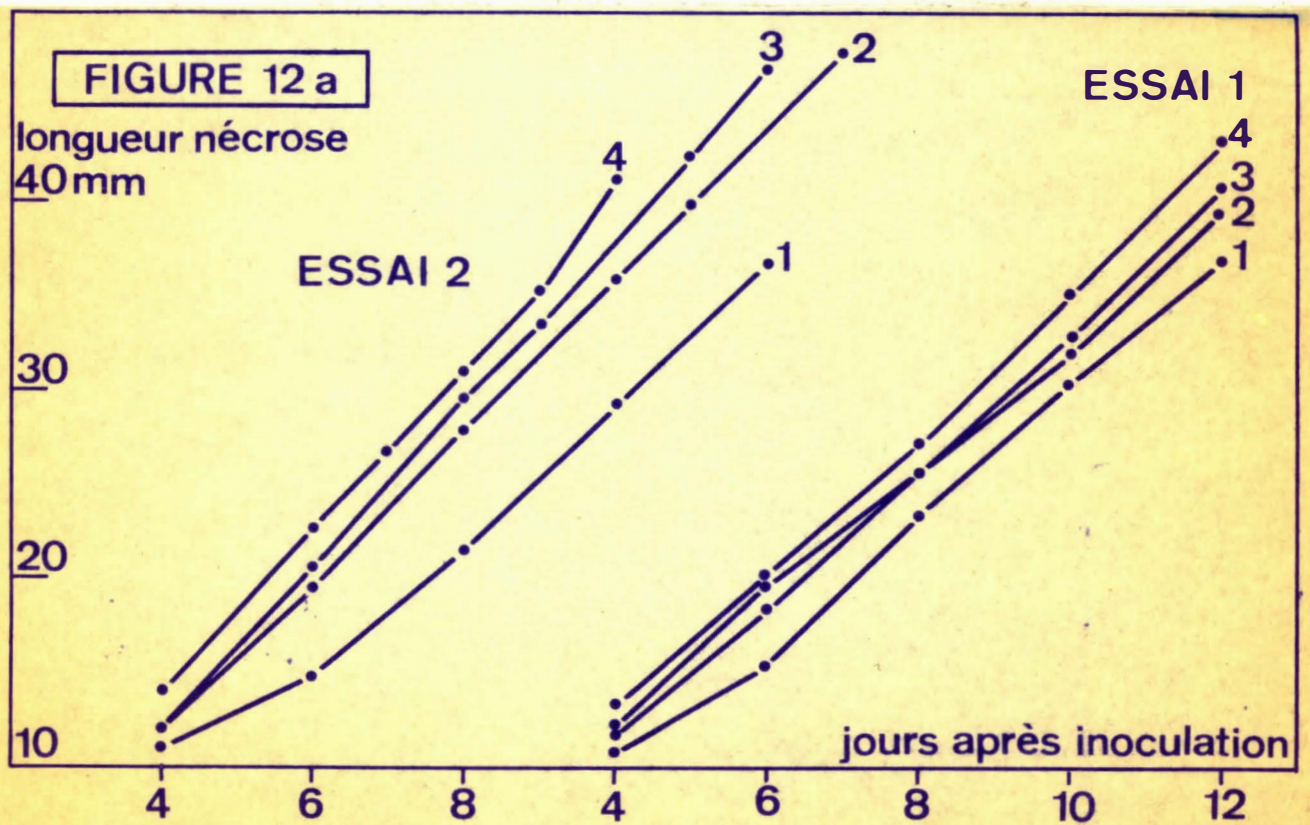


Tableau XVI

Installation des nécroses J4-J0 --Essai maturité

Jours entre inoculation et coupe	1	2	3	4	Moyenne
0 j	1,5	1,4	1,0	1,2	1,3
2 j	2,7	3,0	1,8	2,7	2,6
4 j	2,9	2,8	1,8	4,1	2,9
6 j	4,2	4,7	3,6	5,9	4,6
Moyenne	2,8	3,0	2,1	3,5	2,8

Analyse des variances

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F
Entre essais	4,18	3	1,39	5,45 *
Entre inoculations	22,53	3	7,51	29,38 **
Résiduelle	2,30	9	0,26	
Totale	29,01	15		

Il existe des différences hautement significatives entre les dates d'inoculation. On obtient le classement suivant :

0 j / 2, 4 j / 6 j.

Entre essais les différences sont également significatives.

L'évolution ultérieure à partir du J4 est représentée par la figure 12. Les droites représentatives sont approximativement parallèles. Le tableau XVII donne la comparaison entre les Evolutions pour l'ensemble des quatre essais.

./...

Tableau XVII
Evolution des nécrèses J3-J6 - Essais maturité

Jours entre inoculation et coupe	n° d'essai				Moyenne
	1	2	3	4	
0	7,8	6,5	6,5	8,8	7,4
2	7,1	8,2	7,0	9,5	8,0
4	5,5	8,9	7,8	13,6	9,0
6	6,8	8,3	8,0	12,2	8,8
Moyenne	6,8	8,0	7,3	11,0	8,3

Analyse des variances

Origine	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F
Entre essais	42,92	3	14,30	7,95 **
Entre inoculations	6,55	3	2,18	1,21 NS
Résiduelle	16,18	9	1,80	
Totale	65,65	15		

Les différences entre jours d'inoculations ne sont ^{pas} significatives, au contraire, les différences entre essais, le sont.

3 - Conclusion

Lorsque les bananes mûrissent, le C. musae s'installe plus rapidement mais son développement ultérieur n'est pas accéléré sur des fruits plus avancés. Il est possible que l'intervalle de six jours entre la coupe et la dernière inoculation soit trop court et que les bananes n'aient pas suffisamment mûri pour que le champignon aie pu en bénéficier.

Il faudrait recommencer ces essais en allongeant cette période de préinoculation. On peut également accélérer la maturation des fruits en les mettant dans une atmosphère d'éthylène ou d'acétylène et inoculer en même temps avec le même inoculum des bananes vertes et des bananes jaunes du même âge. Le chapitre suivant rend compte des résultats d'une expérience montée d'après ce principe.

D - SENSIBILITE DES BANANES AU COURS DE LA MATURATION - (Inoculations simultanées)

1 - Protocole

Toutes les bananes sont inoculées en même temps avec le même incculum mais certains lots ont été soumis à un passage de 15 heures dans une atmosphère riche en acétylène pour déclencher la maturation. Deux expériences successives ont été imaginées et sont résumées dans le tableau XVIII. Chaque traitement comportait 40 fruits.

Tableau XVIII

Essai maturité - Inoculations simultanées

essais	nombre de jours entre passage C ₂ H ₂ et inoculation							
1	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	pas acétylène
2		-3		-1	0	+1	+3	pas acétylène

Les traitements -4 ont subi le passage à l'acétylène 4 jours avant l'inoculation , etc...

2 - Résultats

L'acétylène ayant fortement accéléré les processus de maturation, nous n'avons pu suivre toutes les bananes que jusqu'au cinquième jour après inoculation. Dans le tableau XIX on peut comparer les colorations moyennes 0, 3 et 5 jours après inoculation (C₀, C₃, C₅), l'installation I en trois jours (I = J₃ - J₀) et l'évolution (E = J₅ - J₃). Les résultats concordent bien pour montrer que ces deux critères sont effectivement nettement plus élevés lorsque les bananes sont plus colorées le jour de l'inoculation.

./...

Tableau XIX

Résultats des essais maturité avec inoculations
simultanées

: jours entre :						::						:
: traitement :	1er essai					::	2ème essai					:
: C ₂ H ₂ et :						::						:
: inoculation :	C0	C3	C5	I	E	::	C0	C3	C5	I	E	:
: - 4 :	9,9	13,0	14,8	3,4	16,2	::	:	:	:	:	:	:
: - 3 :	9,4	12,8	14,7	3,5	17,2	::	12,9	14,8	3,6	18,2	:	:
: - 2 :	5,2	11,9	13,6	1,9	10,2	::	:	:	:	:	:	:
: - 1 :		10,7	12,7	1,8	10,6	::	10,4	12,5	2,3	13,4	:	:
: 0 :	3,1	8,4	11,4	1,9	11,4	::	8,4	12,0	2,3	15,9	:	:
: + 1 :	3,3	6,2	10,6	1,1	8,5	::	6,2	11,3	2,6	15,6	:	:
: + 2 :	3,3	6,0	9,2	0,8	6,4	::	:	:	:	:	:	:
: + 3 :						::	6,0	6,8	1,8	10,8	:	:
: pas						::	:	:	:	:	:	:
: acétylène :	3,2	5,2	6,6	0,8	6,8	::	5,9	7,3	1,6	10,0	:	:
:						::	:	:	:	:	:	:

3 - Conclusion

L'opinion généralement admise semble bien justifiée. Nous avons pu vérifier que les bananes sont d'autant plus sensibles au C. musae que leur maturation est avancée. Cette sensibilité se manifeste par une installation plus rapide et une évolution plus accélérée des nécroses.

E - INOCULATIONS EN PLEIN CHAMP

Nous venons de voir que les bananes détachées et gardées au laboratoire sont facilement infectées par l'antracnose de blessure. Que se passe-t-il en plein champ ? L'essai que nous allons décrire maintenant avait deux buts : voir si le C. musae s'installe et se développe mieux lorsque les bananes sont détachées ou laissées en place sur le régime, et voir si l'ensachage des régimes joue un rôle en maintenant une atmosphère plus humide autour des fruits.

1 - Protocole

Date de l'essai : mars 1966 - Temps chaud, ensoleillé.

Les inoculations sont réalisées sur des régimes pris dans 4 catégories qui diffèrent par le calibre extérieur.

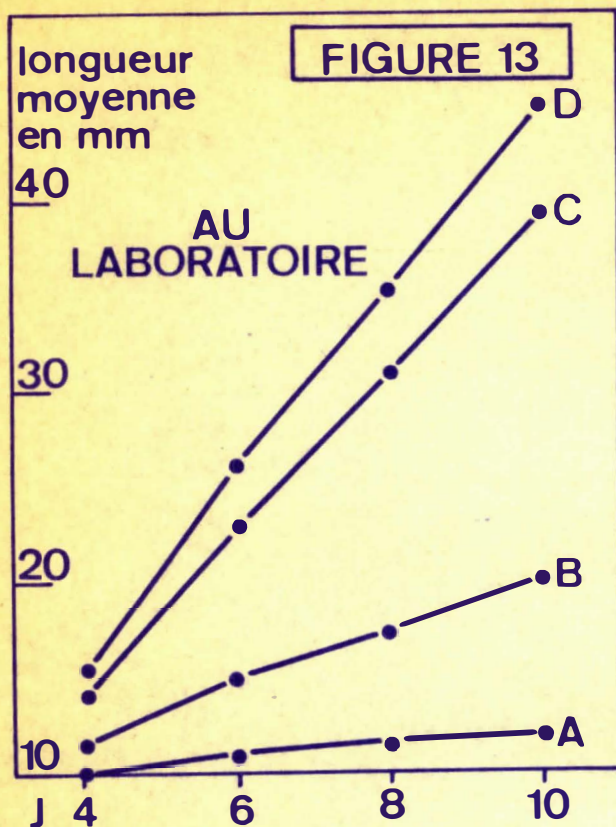
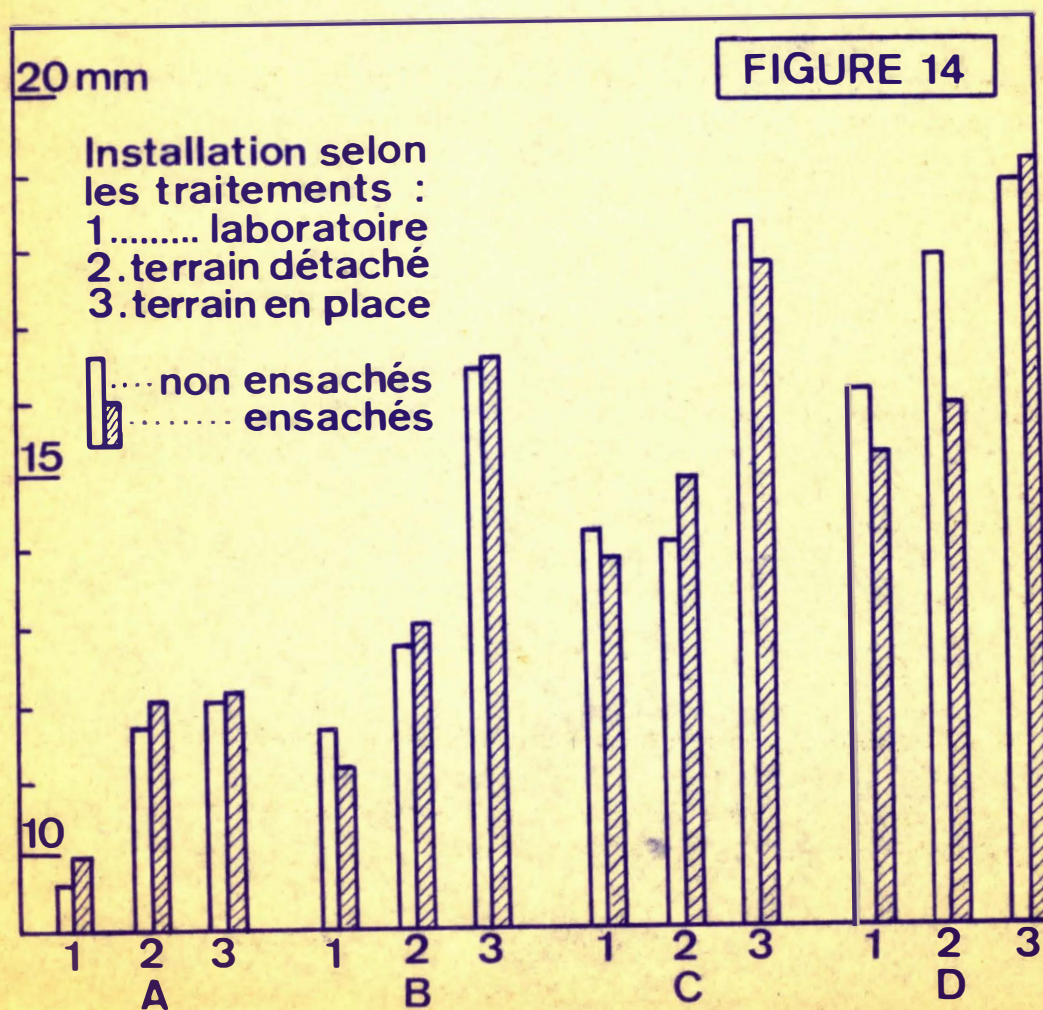


Figure 13 : Installation et évolution des nécroses sur les fruits conservés au laboratoire.

Figure 14 : Installation selon les traitements.



20 mm

longueur
nécrose
moins J4

15

10

5

0

4

6

4

6

4

6

4

6

8

1

2

x3

D

1

2

x3

C

1

x3

2

B

A

1

2

x3

FIGURE 15 a

REGIMES NON ENSACHES

Evolution selon
les traitements:
1..... laboratoire
2... terrain détaché
3... terrain en place

20mm

longueur
nécrose
moins J4

15

10

5

4

6

4

6

4

6

4

6

8

1

x3

2

D

1

2

x3

C

1

x3

2

B

A

1

x3

2

FIGURE 15 b

REGIMES ENSACHES

- A - Calibre extérieur compris entre 19 et 21 mm : moyenne 20
- B - Calibre extérieur compris entre 24 et 26 mm : moyenne 25
- C - Calibre extérieur compris entre 28 et 30 mm : moyenne 29
- D - Calibre extérieur compris entre 33 et 35 mm : moyenne 34

Huit régimes par catégories dont quatre ensachés dans un sac polyéthylène perforé et quatre non ensachés.

On prélève et on inocule sur chacun d'eux :

- 1) - 2 doigts (2ème main) et 2 doigts (3ème main), détachés et gardés au laboratoire.
- 2) - 2 doigts (2ème main) et 2 doigts (3ème main), détachés mais laissés sur le régime.
- 3) - 2 doigts (2ème main) et 2 doigts (3ème main) non détachés (laissés en place).

Mesures des lésions aux J4, J6, J8.

2 - Résultats

- Au laboratoire l'Installation et l'Evolution suivent la règle générale établie au chapitre B. La figure 13 illustre ces phénomènes que nous pouvons résumer ainsi :

- A - Calibre 20 : I et E pratiquement nulles
- B - " 25 : I et E faibles
- C - " 29 : I et E fortes
- D - " 34 : I et E fortes

- L'Installation est toujours plus rapide à l'extérieur qu'au laboratoire et plus rapide sur les doigts en place que sur les doigts détachés (figure 14). Le premier point s'explique sans doute par l'action de la température qui est toujours plus élevée à l'extérieur. Le deuxième s'explique mal, enfin l'ensachage ne semble pas avoir d'effet.

- La figure 15 montre les courbes d'évolution selon les traitements. Pour la catégorie A elle est pratiquement toujours nulle et même négative lorsque il y a dessèchement partiel des fruits à l'extérieur. Pour les autres catégories de fruits l'accroissement des nécroses au laboratoire se poursuit de façon linéaire ; au contraire il diminue nettement sur les fruits laissés sur le terrain. L'effet de la coupe des doigts n'est pas très net. En général l'évolution paraît un peu plus forte pour les doigts détachés que pour ceux en place. Il faut indiquer que la plupart des doigts inoculés en place des régimes C et D ont subi un éclatement en longueur au niveau de la nécrose au bout de 6 à 8 jours. Ce phénomène avait déjà été observé sur des bananes inoculées

./...

en place à partir de blessures beaucoup plus petites, d'environ 1 mm de diamètre. Lorsque les bananes sont blessées mais non inoculées, les bords de la blessure se dessèchent et se cicatrisent mais les fruits n'éclatent pas. Ce phénomène semble lié au fait que les fruits toujours attachés au régime continuent à être alimentés, alors que l'on a jamais observé rien de tel sur des fruits détachés de leur régime ou même sur des régimes entiers coupés de leur pseudotrunc. On peut donc penser qu'il n'y a pas de contamination naturelle lorsque les fruits sur pied sont blessés car il est très rare d'observer des bananes ainsi éclatées.

Enfin l'ensachage ne semble pas avoir beaucoup d'importance. Remarquons qu'il est vain d'essayer de faire une analyse statistique de cet essai étant donné le petit nombre de régimes observés. Il serait préférable, par un artifice quelconque d'ensacher une partie de chaque régime et de considérer chacun comme un bloc soumis à un certain nombre de traitements. Quatre ou cinq répétitions de cet essai fourniraient des résultats plus valables.

3 - Conclusion

Cet essai imparfait certes a permis cependant de mettre en évidence le comportement très différent du C. musae au laboratoire et sur le terrain, sur des fruits détachés comparables. Au laboratoire après un démarrage relativement lent, les nécroses s'agrandissent régulièrement tandis qu'à l'extérieur, après un démarrage plus rapide elles évoluent ensuite moins vite.

III - DISCUSSION GENERALE - CONCLUSION

Ces études sur la sensibilité des bananes à l'anthracnose de blessure ont montré quelques points qui semblent intéressants. Les bananes d'un même régime se comportent de la même façon dans les mêmes conditions d'essai. Il est donc possible de comparer en même temps sur un régime l'influence de divers facteurs pouvant agir sur le C. musae. Ce serait par exemple le pouvoir désinfectant de divers produits plus ou moins fongicides. Nous avons vu que certains facteurs (blessure, inoculum) peuvent varier beaucoup sans que le développement du pathogène étudié en soit affecté.

Lorsque plusieurs régimes comparables (de même calibre) sont introduits dans le même essai on s'aperçoit que certains sont plus sensibles que la moyenne générale et que d'autres le sont nettement moins. Dans le chapitre B nous avons comparé de nombreux fruits d'âge et de grosseur très différents. Leur comportement particulier

vis-à-vis du *C. musae* est très variable, mais en répétant les essais on arrive à des conclusions générales fort nettes. Plus un régime est gros, plus il est sensible à l'antracnose de blessure. Cette sensibilité augmente linéairement avec la grosseur des bananes. Enfin on peut évaluer la sensibilité en ne faisant que deux mesures. La première J4 donnera une idée de l'Installation. La deuxième vers le J10 ou plus généralement au moment où les fruits commencent à se tigrer permettra, en faisant J10-J4, de chiffrer l'Evolution des nécroses.

Au voisinage du point de coupe et pendant les six premiers jours après la récolte on n'observe pas d'augmentation de cette sensibilité, mais des fruits ayant commencé leur maturation sont plus sensibles que ceux venant d'être coupés. Les inoculations sur des bananes en plein champ ont donné des résultats tels (éclatement des fruits) que l'on peut affirmer que la contamination naturelle des blessures des bananes n'a pas lieu sur le terrain.

On devrait poursuivre les recherches sur la variabilité de la sensibilité des fruits dans plusieurs directions différentes:

- variabilité d'origine génétique : certains bananiers produisant des régimes intrinsèquement plus résistants, il faudrait vérifier si les rejets fils donnent des fruits de la même qualité.

- variabilité d'origine biochimique : les fruits plus sensibles auraient une composition plus favorable du point de vue nutritionnel, enzymatique, ou moins défavorable par disparition d'une toxine.

- variabilité d'origine physique ou mécanique par suite d'une structure différente du péricarpe selon la sensibilité des fruits.

0

0

0

BIBLIOGRAPHIE

- ARX von (J.A.). - 1957 a. Die arten der Gatung Colletotrichum Cda. Phytopath Z., 29, p. 413-468.
- ARX von (J.A.). - 1957 b. Revision der zu Gloeosporium gestellten Pilze. Verh Kongr. Ned., Ser. 2, 51, p. 1-153.
- ASHBY (S.F.). - 1931. Gloeosporium strains. Trop. Agric. Trin., 8, p. 322-325.
- CHAKRAVARTY (T.). - 1957. Anthracnose of banana (Gloeosporium musarum Cke et Mass) with special reference to latent infection in storage. Trans. Brit. Mycol. Soc., 40, p. 337-345.
- CHAMPION (J.). - 1963. Le bananier. Maisonneuve et Larose-Paris.
- DEULLIN (R.) et (MONNET (J.). - 1960. Mesure de la plénitude de la banane. Fruits 15, p. 205-221.
- MEREDITH (D.S.). - 1960. Studies on Gloeosporium musarum Cke et Mass. causing storage rots of Jamaican bananas I. Anthracnose and its chemical control Ann. Appl. Biol., 48, p. 270-290.
- MEREDITH (D.S.). - 1964. Appressoria of Gloeosporium musarum Cke et Mass on Banana fruits. Nature (London), 201, p. 214.
- SIMMONDS (J.H.). - 1941. Latent infection in tropical fruits discussed in relation to the part played by species of Gloeosporium and Colletotrichum. Proc. Roy. Soc. Qd., 52, p. 92-120.
- SIMMONDS (J.H.). - 1963. Studies in the latent phase of Colletotrichum species causing ripe rots of tropical fruits. Qd. J. Agri. Sci., 20, p. 373-424.
- SIMMONDS (J.H.) and MITCHELL (R.S.). - 1940. Black end and Anthracnose of the banana with special reference to Gloeosporium musarum Cke et Mass. Bull. Coun. Sci. Indus. Res. Austr., n° 131, p. 63.
- SIMMONDS (N.W.). - 1966. Bananas 2e ed. Longmans. London.
- WARLDAW (C.W.). - 1961. Bananas diseases. Longmans. London.

